Studien über die Verdunstungsschutzeinrichtungen in der trockenen Geröllflora Sachsens.

Von

Gustav Altenkirch.

Mit 13 Figuren im Text.

Südöstlich von Meißen, am rechten Ufer der Elbe, erhebt sich das weinerzeugende Spaargebirge, dessen fernster Vorsprung, die »Bosel« genannt, steil zur Elbe abstürzt. Der mit granitischem Geröll bedeckte Abhang ist einer beständigen Sonnenbestrahlung ausgesetzt, sodass die Bosel als einer der berufensten Standorte der sächsischen »Sonnenhügelformation« erscheint, zumal auf dem Geröllhange eine nichts weniger als ärmliche Flora festen Fuß gefasst hat. Dem heimischen Botaniker ist die Bosel längst als Fundort von »Seltenheiten« bekannt. Wie aus dem weiteren hervorgehen wird, muten die physikalischen Verhältnisse den pflanzlichen Bewohnern einen geradezu xerophytischen Charakter zu. Trotz des glutvollsten Sommers belebt den wenig entgegenkommenden Boden eine Reihe von Pflanzen bis in den Herbst hinein, selbstverständlich aber bietet die Flora ihr reichstes Bild im Frühling. Polster von *Anthoxanthum odoratum*, *Festuca ovina*, *Aira flexuosa*, *Corynephorus canescens*, *Koeleria cristata* und *Carex humilis* bedecken schon zu Ende April mit frischem Grün stellenweise dicht den grobkiesigen Abhang. Hier und da sieht man die violetten Glocken der *Pulsatilla pratensis*, die violettblauen Kronen von *Lactuca perennis*, streckenweise in Masse die weißen Blütenstände von *Anthericum Liliago* und *ramosum*, die gelben Sterne der *Potentilla verna* und *opaca*, die rötlichen Blüten von *Rumex Acetosella* und die weißen von *Arabis arenosa* und *Polygonatum officinale*. In zuweilen dichten Beständen breitet sich *Euphorbia Cyparissias* aus. Aus Felsnischen hervor taucht *Asperula glauca*, über den Boden kriecht das *Sedum album* und das rotstenglige *rupestre*. Dichte Gebüsche von *Prunus spinosa* schütten ihre weißen Blüten. Frühzeitig im Mai leuchtet das frische Grün von *Quercus sessiliflora*, *Corylus Avellana*, *Betula verrucosa*, *Prunus avium* und *Rosa trachyphylla*. Schon bald sind die meisten der genannten Stauden im Abblühen begriffen und

gehen, durch die steigende Wärme gezwungen, mit beschleunigten Schritten ihrer Fruchtreife entgegen, aber noch lange behaupten sie sich in Gesellschaft der später in die Blüte tretenden Genossen. Es erscheinen alsdann die roten Blüten von *Dianthus Carthusianorum*, die blauen Glocken von *Campanula patula*, die weißen Kronen von *Asperula cynanchica* und *Cynanchum Vincetoxicum*, später die hellpurpurnen Scheiden von *Allium fallax*; *Thymus Serpyllum* erblüht, über ihm ragen die gelblichweißen Köpfe von *Scabiosa ochroleuca*, die zitronengelben Köpfchen von *Helichrysum arenarium* und die hellpurpurnen von *Centaurea paniculata*. Auch *Calluna vulgaris* und *Hypericum perforatum* fehlen nicht, und an dem Gebüsch stehen dichte Hörste von *Clematis recta*. Die weißen Dolden von dem erst spät blühenden *Peucedanum Cervaria* wiegen sich zahlreich auf über 2 m hohen, steifen Stengeln. Auch der Herbst findet den Abhang noch mit grünen Polstern (zumal der *Carex humilis*), mit Rosetten von *Hieracium Pilosella* und der *Lactuca*, mit frischen Trieben von *Asperula glauca* etc. reichlich besetzt.

Eine Anzahl dieser Pflanzen gehört nach O. Drude einer östlichen Pflanzengenossenschaft an, welche zunächst aus Böhmen eingewandert ist, deren Ausgangspunkt aber in den südosteuropäischen Steppen zu suchen ist. Der größere Teil dieser Ansiedler hat auch einigermaßen seinen Steppencharakter bewahrt, er bewohnt als »vielfach in ihrem Personal wechselnde Genossenschaft sonnige Felsen, hochgelegene grasige Plätze, Raine an den die Elbe begleitenden Hügeln, meidet im allgemeinen die geschlossenen Wälder, mischt sich aber in lichte Haine hinein und wächst sogar mit Haide, Kiefer und Renntierflechte gesellig an steilen Felsabstürzen, wo auf einzelnen trocknen und sonnigen Vorsprüngen seine Lebensbedingungen noch erfüllt werden« (I. p. 82). Als Mitglieder dieser östlichen Genossenschaft, welche die Bosel besiedelt haben, sind in dem Schwarme gemeiner mitteleuropäischer Arten der trockenen Hügelformation anzusehen *Pulsatilla pratensis*, *Dianthus Carthusianorum*, *Peucedanum Cervaria*, *Potentilla opaca*, *Asperula cynanchica* und *glauca*, *Scabiosa ochroleuca*, *Lactuca perennis*, *Centaurea paniculata*.

Wie die nächsten Seiten zeigen werden, sind bezüglich der Wasserversorgung die den Boselpflanzen gebotenen Localbedingungen äußerst kärglich. Wenn der Boden das Wasserbedürfnis der Pflanzen nicht gleichmäßig zu befriedigen vermag, so müssen die dort trotzdem gedeihenden Pflanzen mit dem dem Boden abgezwungenen Wasser gut haushalten. Es soll meine Aufgabe sein, die für das Leben unserer Pflanzen wichtigsten physikalischen Verhältnisse näher zu beleuchten, ferner experimentell nachzuweisen, dass die wasserhaltende Kraft der Boselpflanzen zum Teil eine ganz eminente ist, um sodann einzugehen auf die Frage: Welche Einrichtungen ermöglichen und unterstützen einen derartigen Widerstand gegen Austrocknung und zu starke Transpiration?

I. Die physikalischen Verhältnisse.

Den sich durchschnittlich unter einem Winkel von 45° abwärts neigenden Untergrund des Boselbodens bildet festes granitisches Gestein. Da, wo der dysgeogone[1]), nackte Fels nicht hervortritt, lagert eine Schicht von sandigen bis kiesigen Granitkörnern, welche in eine an Quantität geringe, mehr oligopsammitische als oligopelitische Krume übergeht. Eine Bodenanalyse zeigt diese Verhältnisse im Vergleich mit den besseren Verhältnissen einer trockenen Wiesentrift auf der Hochfläche der Hügelkette. Der Boselschotter entstammte der Wurzeltiefe von *Carex humilis*, der Triftboden der Wurzeltiefe von *Triodia decumbens*. Die vorher lufttrocken gewogene Erde beider Stellen wurde in kochendes Wasser eingerührt und dann durch den aus 5 Sieben bestehenden Knop'schen Siebsatz getrennt in: Grobkies[2]) (über 6,75 mm), Mittelkies (über 4,0 mm), Feinkies (über 2,5 mm), Grobsand (über 0,75 mm), Mittelsand (über 0,3 mm). Die durch das fünfte Sieb gehende Feinerde wurde alsdann mittelst des Schulze'schen Apparates abgeschlämmt bei einer mittleren Fallhöhe von 62 cm und in Feinsand und abschlämmbare Teile oder Thon zerlegt. Die einzelnen Bodenglieder wurden lufttrocken gewogen und außerdem die beiden Erden einer Humusuntersuchung unterzogen. Die Analyse ergab folgendes Resultat:

	Geröllhang.	Wiesentrift.
Grobkies	15,43 %	3,77 %
Mittelkies	8,61 »	3,41 „
Feinkies	17,45 »	5,06 »
Grobsand	18,31 »	6,24 »
Mittelsand	18,42 »	17,31 »
Feinsand	12,90 »	36,47 »
Thon	8,88 »	27,74 »
Humus	1,04 %	5,94 %

Wir haben also in dem Erdreich der Bosel einen in humusarmen Sandboden übergehenden Geröllboden vor uns, der keineswegs als Pflanzenträger zu großen Erwartungen berechtigt, während der Wiesentriftboden Wiesencultur und Getreidebau ermöglicht. Da in dem Boden enthalten sind 71 % Kieselsäure und nur 0,9 % Kalk (2), so kann nur von einem Kieselboden, keinesfalls aber von einem Kalkboden die Rede sein. Eine Anzahl der ihn bewohnenden Pflanzen, z. B. *Carex humilis*, *Anthericum Liliago* und *ramosum*, *Polygonatum officinale*, *Peucedanum Cervaria*, *Asperula cynanchica* und *glauca*, *Lactuca perennis*, ist zwar »kalkhold«, d. h. sie suchen sich mit Vorliebe auf Boden mit reichlichem Gehalt an Kalk anzusiedeln, nötig aber

---

1) Bezeichnung nach der vorzüglichen Classification der Böden von J. Thurmann (14).

2) Zu bemerken ist, dass die den Boden der Bosel anfüllenden, über 10 mm großen Gesteinsstücke in die Erdprobe nicht mit aufgenommen wurden.

ist derselbe für ihr Vorkommen durchaus nicht, und so dürfen wir die chemischen Beziehungen ganz aus dem Spiele lassen, indem wir uns ausschließlich den physikalischen Verhältnissen zuwenden.

Von großem Interesse sind da zunächst die Temperaturverhältnisse, in denen sich die Vegetation während des Sommers befindet. Hauptsächlich wurde bei einigen Beobachtungen Gewicht gelegt auf die Temperaturen der Luft, des Rasens und des Bodens. Die Lufttemperatur wurde in üblicher Weise mit einem FUESS'schen Schleuderthermometer bestimmt, als Rasen wurde zum Einsenken eines zweiten Thermometers derjenige von *Aira flexuosa* gewählt, und die Kugel des dritten Thermometers ward 2—3 cm tief in das Geröll versenkt. Angegeben werden zum Vergleiche für die ungefähr gleichen Zeiten die Lufttemperaturen im Botanischen Garten zu Dresden, welche sowohl am Thermometer daselbst im Schattenhäuschen, als auch am Insolationsthermometer abgelesen wurden.

14. Mai[1]).

Sonnig, mäßiger Wind.

Botan. Garten.			Bosel.			
Zeit.	Luft im Schatten.	Luft in Sonne.	Zeit.	Luft.	Boden.	Rasen.
Nm. 2h 0′	20,0° C.	28,0° C.	Nm. 3h 45′	21,8° C.	44,4° C.	32,9° C.
—	—	—	» 4h 0′	21,6	44,4	32,9
—	—	—	» 5h 5′	20,7	34,4	29,5
» 6h 0′	18,0	20,5	» 5h 45′	20,0	28,5	24,3

11. Juli.

Morgen trübe und neblig. Um 11h Regen. 12—1h Aufklärung, dann Sonnenschein.

Botan. Garten.			Bosel.			
Zeit.	Luft im Schatten.	Luft in Sonne.	Zeit.	Luft.	Boden.	Rasen.
Vm. 8h 0′	15,0	16,0	Vm. 10h 0′	15,4	24,5	21,9
Nm. 2h 0′	20,5	26,0	Nm. 2h 0′	19,2	36,0	32,5
» 6h 0′	21,0	22,0	» 5h 30′	21,5	32,0	26,0

30. Juli.

Anfangs schwach bewölkt, dann klar. Mäßiger Wind.

Botan. Garten.			Bosel.			
Zeit.	Luft im Schatten.	Luft in Sonne.	Zeit.	Luft.	Boden.	Rasen.
Vm. 8h 0′	23,0	31,5	Vm. 11h 0′	27,3	36,5	30,5
—	—	—	M. 12h 0′	30,9	40,3	37,6
Nm. 2h 0′	29,5	32,0	Nm. 1h 0′	35,5	48,9	49,0

1) Die hier niedergelegten Untersuchungen wurden im Jahre 1892 ausgeführt.

13. August.

Wolkenlos, doch ziemlich windig.

Botan. Garten.			Bosel.			
Zeit.	Luft im Schatten.	Luft in Sonne.	Zeit.	Luft.	Boden.	Rasen.
—	—	—	M. $12^h\,0'$	30,0	43,5	45,8
—	—	—	Nm. $1^h\,0'$	31,3	44,4	48,8
Nm. $2^h\,0'$	28,0	32,0	» $2^h\,0'$	31,2	45,1	46,7
—	—	—	» $3^h\,0'$	30,6	44,0	45,4
» $6^h\,0'$	26,5	26,5	» $4^h\,0'$	30,2	41,4	43,2

19. August.

Heißester Tag des Jahres. Frischer, später sehr lebhafter Wind. — Hinzugefügt ist noch die Temperatur in der Höhe von 1 cm über dem Boden.

Botan. Garten.				Bosel.				
Zeit.	Luft im Schatten.	Luft in Sonne.	1 cm üb. Boden.	Zeit.	Luft.	Boden.	Rasen.	1 cm üb. Boden.
Vm. $8^h\,0'$	28,0	32,0	—	Vm. $9^h\,30'$	41,2	35,5	43,8	37,0
Nm. $2^h\,0'$	38,0	40,5	—	Nm. $2^h\,0'$	46,0	42,8	46,5	52,2
Maxim.	38,0	45,0	42,0	Maxim.:	46,2	42,8	47,0	55,0

Hervorzuheben ist aus den im Übrigen für sich selbst sprechenden Zahlen, dass bei mäßiger Lufttemperatur der Boden größere Wärme besitzt als der Rasen, wie es sogar der Fall war an dem trüben und regnerischen Vormittag des 11. Juli. Später jedoch, wenn die Insolation steigt, wenn die Sonnenstrahlen bei der Neigung des Abhanges einen großen Teil des Tages über mehr oder weniger senkrecht aufprallen, ist die Luft direct über dem Boden (55° C.!) und auch der Rasen gluterfüllter als der Boden selbst. Die Wasserverhältnisse des Bodens, soweit sich hiernach beurteilen lässt, müssen ungünstige sein, und diese Vermutung wurde auch durch weitere Untersuchungen bestätigt.

Am 14. Mai ergab sich für die Boselerde in Wurzeltiefe von *Carex humilis* ein Feuchtigkeitsgehalt von nur 1,81 %, während die Erde eines weiter stromabwärts bei Zehren gelegenen »Sonnenhügels« in Wurzeltiefe von *Carex Schreberi* 5,32 % Wasser besaß. Am 22. Mai nach starkem Regen betrug der Wassergehalt der Erde des Geröllhanges in 15—20 cm Tiefe 5,64 % und der der Wiesentrifterde in derselben Tiefe 12,20 %. Am 2. Juli waren in Wurzeltiefe von *Carex humilis* 0,74 % vorhanden, auf der Wiesentrift aber in Wurzeltiefe von *Triodia decumbens* 7,17 %. Die heißen Tage des Juli drückten den Wassergehalt weiter herab, schonten aber natürlich auch die Wiesentrift nicht; am 30. Juli betrug er in Wurzeltiefe von *Carex humilis* 0,54 %, in größerer Tiefe und zwar in Wurzeltiefe von *Anthericum Liliago* 2,14 %, während die betreffenden Wiesentrifterden 6,35 % bezw. 4,26 % aufwiesen. Die Pflanzen mussten sich mit immer

kleiner werdenden Rationen behelfen, und am 19. August standen ihnen in denselben Tiefen nur mehr zur Verfügung 0,31 % und 1,64 % bezw. 3,32 % und 2,08 %.

Diese Armut der Boselerde an Wasser muss, abgesehen von dem Einfluss der Wärme, durch die geringe wasseraufnehmende und wasserhaltende Kraft bedingt sein, worauf schon der geringe Humusgehalt hinweist. Die Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens hängt hauptsächlich von seiner Capillarität und Hygroscopicität ab. Folgender Versuch erläutert die ungünstige Stellung des Boselbodens. Vier Glasröhren von gleicher Länge und gleichem Durchmesser wurden mit den auf ihren Wassergehalt untersuchten Erden vom 30. Juli gefüllt und unter Fließpapierabschluss in ein Gefäß mit einem auf 2 cm gehaltenen Wasserstand gestellt. Es nahmen zu in Procenten des Gewichtes der frischen Erde:

Erde aus:	Wurzeltiefe von *Car. hum.*	Wurzeltiefe von *Anther. Lil.*	denselben Trifttiefen.	
Nach 24 Stunden	1,01	1,47	6,81	6,11
» 24 »	0,58	0,33	19,25	26,66
» 24 »	0,44	—	4,93	6,29
» 3×24 »	1,01	0,16	2,58	0,37
» 5×24 »	1,59	0,92	1,63	—
» 5×24 »	1,32	1,27	2,34	—
» 5×24 »	0,29	2,23	—	—
Gesamtaufnahme:	6,24	6,38	37,54	39,43

Ebenso schwach ist das Vermögen der völligen Sättigung. Den vier Proben der Erden vom 19. August wurde auf dem Filter die gleiche Wassermenge zugeführt. Sie sättigten sich, den ursprünglichen Wassergehalt abgerechnet, mit 12,16 % und 5,48 % bezw. mit 30,24 % und 36,62 %. Weiterhin musste die Fähigkeit zur Aufnahme von Wasserdampf aus der Atmosphäre in Betracht gezogen werden, und zwar wurde die mögliche Aufnahme während einer Nacht ins Auge gefasst. Zu diesem Behufe brachte ich die Erden vom 30. Juli in einen Raum, welcher durch Verdunstung von Wasser mit Dampf gesättigt war. Nach 12 Stunden nahm die Boselerde der Wurzeltiefe von *Carex humilis* an Wasser auf 0,19 % ihres Frischgewichtes oder 35 % ihres ursprünglichen Wassergehaltes, während die Gewichtsverhältnisse der drei anderen Erden keine Veränderungen erlitten. Diese geringe Zunahme scheint jedoch keine große Beachtung zu verdienen. Die *Carex humilis*-Erde war eben am ausgetrocknetsten und trockene Körper nehmen eher Feuchtigkeit aus der Luft auf als weniger trockene, ja es zeigte sich sogar, dass die vollkommen ausgetrockneten Erden der Wiesentrift bei einem neuen Versuche mehr Feuchtigkeit und auch schneller aufnahmen, als die ebenfalls vollständig vom Wasser befreiten Geröllhangerden, wie aus folgender Tabelle ersichtlich ist[1].

---

1) Die Zahlen geben die Aufnahmen in Procenten des Erdgewichtes an.

Erde aus:	Wurzeltiefe von *Car. hum.*	Wurzeltiefe von *Anther. Lil.*	denselben Trifttiefen.	
Nach 24 Stunden	0,46	0,41	1,74	1,09
» 24 »	0,04	0,12	0,16	0,15
» 24 »	0,16	0,16	0,16	—
» 24 »	0,09	0,08	0,12	—
» 24 »	0,11	0,06	—	—
Gesamtaufnahme:	0,86	0,83	2,18	1,24

Sonach ist an einen regelmäßigen und genügenden Wasserbezug aus dem Wasserdampf der Atmosphäre nicht zu denken. Um ein abgerundetes Bild der Wasserverhältnisse zu gewinnen, musste ich mich noch der allerdings wenig versprechenden Aufgabe unterziehen, die Erde auf ihre wasserhaltende Kraft zu prüfen. Zuerst wurden die vier frischen Erden vom 30. Juli der gewöhnlichen Zimmerluft ausgesetzt. Der Wassergehalt nach 24 Stunden und nach weiteren 3×24 Stunden war folgender:

Erde aus:	Wurzeltiefe von *Car. hum.*	Wurzeltiefe von *Anther. Lil.*	denselben Trifttiefen.	
Wassergehalt in 100 g frischer Erde:	0,54 g	2,14 g	6,35 g	4,26 g
Nach 24 Stunden	0,59 g	1,75 g	4,49 g	2,98 g
» 3×24 »	0,49 »	1,30 »	3,58 »	2,09 »

Weiterhin wurden die Erden vom 19. August nach erfolgter Sättigung mit Wasser der Verdunstung ausgesetzt; es besaß, nachdem je 100 g Erde gesättigt worden waren:

Erde aus:	Wurzeltiefe von *Car. hum.*	Wurzeltiefe von *Anther. Lil.*	denselben Triefttiefen.	
Gesamtgehalt:	12,47 g	7,08 g	33,56 g	38,70 g
Nach 24 Stunden	6,00 g	2,43 g	17,63 g	27,32 g
» 24 »	1,25 »	1,35 »	7,75 »	11,29 »
» 24 »	0,59 »	0,94 »	4,29 »	4,37 »
» 2×24 »	0,29 »	0,61 »	3,68 »	1,81 »
» 2×24 »	0,24 »	0,52 »	3,68 »	1,05 »

Alle Tabellen zeigen in übersichtlicher Weise, dass sich die Boselerde der Wiesentrifterde gegenüber im Nachteil befindet. Selbst bei den stärksten Niederschlägen ist sie nicht im Stande, die im Überfluss gebotenen Wassermengen aufzuspeichern, zumal auch noch der feste Untergrund ein ganz abschüssiger ist, sodass das Wasser durch die sandigen Massen hindurch bequem nach der Tiefe abgeleitet werden kann. Und kommt dann noch starke Hitze hinzu, so ist gar bald das Wasserquantum auf ein Minimum herabgedrückt. J. Thurmann besitzt von dem Sandboden im allgemeinen immer noch eine vorteilhafte Meinung: »C'est-à-dire, en général,

que les roches dysgéogènes sont moins absorbantes et plus sèches, les eugéogènes plus absorbantes et plus humides, sans en excepter celles qui paraissent au premier abord devoir constituer une station assez sèche comme les sables quarzeux fins et meubles. Ils peuvent devenir, en effet, très-arides à leur surface, mais ils conservent constamment de l'humidité à une petite profondeur« (14. p. 99). Dieser Annahme gegenüber verhält sich jedoch der Boden unseres Geröllhanges nicht gerade günstig. Allerdings besitzen die unteren Schichten mehr Feuchtigkeit als die oberen, jedoch ist es z. B. für die Wurzeln der Gräser schwer, dahin zu gelangen. Der Boselboden ist rein dysgeogenen Charakters und ausgezeichnet durch den Mangel an denjenigen Bodeneigenschaften, welche einen Reichtum oder wenigstens einen Wohlstand an Wasser begünstigen.

II. Die Widerstandsfähigkeit der Boselpflanzen gegen Austrocknung.

Wie verhält sich nun auf der Bosel die reich zusammengesetzte Flora in ihrer Jahresperiode? Der Boden bietet nachgewiesenermaßen wenig Wasser. Die Pflanzen müssen also entweder mit diesem wenigen Wasser auskommen können, oder sie müssen sich nach einer anderen Bezugsquelle umsehen, und dies könnte nur die Luft sein, indem die des Tages über entstandenen Transpirationsverluste während der Nacht direct aus dem vermehrten Wasserdampf der Luft gedeckt würden. Diese Vermutung würde sich mit der neuerdings aufgestellten Behauptung M. W. Harrington's decken: »Plants probably also absorb moisture directly from the air at times« (7). Es ist ja eine bekannte Erscheinung, dass an heißen Tagen welk gewordene Pflanzen am Abend wieder aufzuleben beginnen. Es hängt dies jedoch damit zusammen, dass die Zunahme der Dampfsättigung der Luft eine Abnahme der Transpiration bedingt und somit das Verhältnis zwischen Wasseraufnahme und Transpiration ein günstigeres wird. Bezüglich des Wasserersatzes sind die Pflanzen auf die wassersaugende Kraft ihrer Wurzeln angewiesen, an eine Aufnahme aber von Wasserdampf durch die oberirdischen Organe ist nicht zu denken, worüber uns ein Versuch mit einigen Vertretern der Boselpflanzen belehrt. Am Nachmittag des 11. Juli wurden je zwei sorgfältig ausgehobene, vollständig bewurzelte Exemplare von *Sedum rupestre*, *Anthericum Liliago*, *Pulsatilla pratensis*, *Hieracium Pilosella* und *Koeleria cristata*, sowie zweimal Blätter von *Quercus sessiliflora* in Wiegegläser eingeschlossen, nach ihrem Frischgewicht bestimmt und sodann nach Öffnung der Gläser in einen dampfgesättigten Raum gebracht. Der weitere Verlauf des Versuchs wird durch nachstehende Tabelle erklärt, in welcher die Zahlen Gramme darstellen und die Verluste durch —, die Zunahmen durch + bezeichnet werden.

	Sed. rup.	*Sed. rup.*	*Anther. Lil.*	*Anther. Lil.*	*Pulsat. pr.*	*Pulsat. pr.*	*Hierac. Pil.*	*Hierac. Pil.*	*Koeler. cr.*	*Koeler. cr.*	*Querc. sess.*	*Querc. sess.*
Frischgewicht:	8,087	8,793	3,511	3,419	3,876	7,968	4,032	3,054	3,878	4,888	4,183	2,644
16 Stunden im dampfgesättigten Raum . .	—0,005	—0,007	—0,010	—0,014	—0,011	—0,019	—0,011	—0,006	—0,010	—0,007	—0,006	—0,005
2 Stunden dem Sonnenlichte bei 35—45° C. gleichmäßig ausgesetzt . .	—0,250	—0,248	—0,294	—0,328	—0,455	—0,799	—0,319	—0,293	—0,362	—0,451	—0,252	—0,301
16 Stunden im dampfgesättigten Raum . .	—0,003	+0,002	—0,002	—0,001	—0,001	—0,013	+0,001	+0,004	+0,010	+0,009	—0,002	—0,006
8 Stunden offen im Zimmer. .	—0,076	—0,093	—0,073	—0,082	—0,111	—0,172	—0,086	—0,082	—0,114	—0,146	—0,055	—0,063
16 Stunden im dampfgesättigten Raum . .	+0,001	0,000	0,000	+0,001	+0,001	—0,002	+0,006	+0,005	+0,004	+0,010	+0,001	+0,002
4 Tage im Trokkenschrank bei 50° C.	—4,911	—5,951	—2,221	—2,033	—1,819	—4,420	—1,881	—1,358	—1,150	—1,416	—1,991	—1,083
16 Stunden im dampfgesättigten Raum . .	+0,027	+0,026	+0,065	+0,067	+0,108	+0,148	+0,014	+0,096	+0,124	+0,154	+0,092	+0,088

Die am Tage der Sonnenglut ausgesetzt gewesenen Pflanzen vermochten ihr doch sicher vorhandenes Wasserbedürfnis aus dem ihnen reichlich zur Verfügung stehenden Wasserdampf nicht zu befriedigen, sie konnten dies auch dann nicht, als der Bedarf einmal durch directe starke Sonnenbestrahlung und weiterhin durch stundenlange Transpiration im Zimmer noch vergrößert wurde. Die verzeichneten geringfügigen Zunahmen können keine Rolle den in gewöhnlichen Verhältnissen zu erleidenden Verlusten gegenüber spielen. Der betreffenden Zunahme kann kein physiologischer, sondern nur ein rein physikalischer Vorgang zu Grunde liegen, wie denn auch die leblose, ausgedörrte Masse der durch längere Einwirkung von Hitze getöteten Pflanzen eine größere Menge Wasser aufzunehmen vermochte. Die Zeiten, welche die Pflanzen in der dampfgesättigten Atmosphäre zubrachten, bildeten nur Ruhepausen in der fortschreitenden Verwelkung. Ich glaube den Beweis erbracht zu haben, dass die Pflanze auf keinen Fall Wasser der Luft zu entnehmen im Stande ist, der einzige Vorteil der mit Dampf gesättigten Luft ist der, dass die Transpirationsstärke vermindert wird, dass ferner vielleicht nur der Boden nach besonders glutvollen Tagen Wasserdampf an sich heranzieht; die Fähigkeit der Boselerde hierzu ist jedoch auch keine besonders große. Vermögen aber unsere Pflanzen mit dem wenigen ihnen zu Gebote stehenden Wasser auszukommen, so kann der Grund hierfür der Hauptsache nach nur in ihrem anatomischen Bau liegen.

Vorerst suchte ich in einer Reihe von Austrocknungsversuchen den wirklich vorhandenen Widerstand gegen die Verwelkung zu constatieren. Neben den Boselpflanzen wurde an anderen passend gewählten Versuchsobjecten eine entsprechende Beobachtungsreihe über den Verwelkungswiderstand gewonnen, und zwar entstammen die Arten der ersten Serie der Loschwitzer Gegend, südöstlich von Dresden, die der beiden anderen Serien aber der dem Geröllhang anliegenden Wiesentrift. Die nächste Zusammenstellung giebt eine Übersicht der zu den folgenden Untersuchungen herangezogenen Pflanzen.

Name der Familie.	Vom Geröllhang der Bosel.	Vergleichsreihe.
Gramineae.	*Anthoxanthum odoratum* L., *Koeleria cristata* Pers., *Festuca ovina* L., *Corynephorus canescens* P. B., *Aira flexuosa* L.	*Agrostis alba* L., *Triodia decumbens* P. B.
Cyperaceae.	*Carex humilis* Leyss.	*Carex canescens* L., *C. brizoides* L., *C. praecox* Jacq.
Liliaceae.	*Anthericum Liliago* L.	—
Fagaceae.	*Quercus sessiliflora* Sm.	*Quercus pedunculata* Ehrh.
Polygonaceae.	*Rumex Acetosella* L.	*Rumex Acetosella* L.
Ranunculaceae.	*Pulsatilla pratensis* Mill.	—
Crassulaceae.	*Sedum rupestre* L.	—

Name der Familie.	Vom Geröllhang der Bosel.	Vergleichsreihe.
Euphorbiaceae.	*Euphorbia Cyparissias* L.	*Euphorbia Cyparissias* L.
Umbelliferae.	*Peucedanum Cervaria* Cuss.	*Peucedanum Oreoselinum* Mnch.
Asclepiadaceae.	*Cynanchum Vincetoxicum* R. Br.	—
Labiatae.	*Thymus Serpyllum* L.	—
Rubiaceae.	*Asperula cynanchica* L.	*Galium verum* L.
Dipsaceae.	*Scabiosa ochroleuca* L.	—
Compositae.	*Centaurea paniculata* Jacq., *Hieracium Pilosella* L., *Helichrysum arenarium* DC.	*Centaurea Jacea* L., *Achillea Millefolium* L.

Bei den Verwelkungsversuchen wurde wie folgt verfahren. An Ort und Stelle schnitt ich mit scharfer Scheere die möglichst gesunden Pflanzenexemplare meist direct über dem Boden ab, verschloss die Wundfläche mit einem Häutchen von Collodium und brachte die Pflanzen unter sorgfältiger Vermeidung von Quetschungen und Brechungen in weite, vorher abgewogene Wiegegläser mit gut eingeschliffenem Stöpsel. Nach Feststellung des Frischgewichtes wurden die Gefäße geöffnet und die Pflanzen unter Ausschluss directen Sonnenlichtes in einem großen, ruhigen, nach Norden gelegenen Zimmer der Verdunstung überlassen. Da hier hauptsächlich das gegenseitige Verhalten der Boselpflanzen und ihrer Seitenstücke interessiert, so ist eine Angabe der übrigens geringen Schwankungen von Luftfeuchtigkeit und Temperatur nicht von Belang. Der Wasserverlust wurde von 12 zu 12 Stunden bestimmt. In den nun folgenden Tabellen steht am Kopf jeder senkrechten Spalte der Name der Versuchspflanze, dann folgen in Procenten ihres Frischgewichtes die Abnahmen von halben zu halben Tagen. Die nach dem 6. Tage eingetretenen halbtägigen Verluste sind zusammengezogen.

Serie I.

Vom 23. Mai morgens 7 Uhr bis zum 20. Juni morgens 7 Uhr, von 12 zu 12 Stunden.

Zeit.	Geröllhang.								Wiesentrift.				
	Anthericum Lil.	*Euphorbia Cyp.*	*Rumex Acet.*	*Anthoxanthum odor.*	*Festuca ov.*	*Aira fl.*	*Corynephorus can*	*Carex hum.*	*Euphorbia Cyp.*	*Rumex Acet.*	*Carex can.*	*Carex briz.*	*Carex praec.*
23. Mai A.	5	5	6	7	9	11	11	8	8	20	17	19	25
24. » M.	3	3	4	6	7	7	7	6	4	13	10	14	14
24. » A.	4	4	5	6	8	8	9	7	6	16	13	16	9
25. » M.	3	3	4	5	6	7	7	6	5	11	12	8	6
25. » A.	3	4	5	5	6	7	7	6	6	8	10	4	5
26. » M.	3	4	5	4	4	5	4	6	4	5	5	2	2
26. » A.	3	4	4	5	4	6	6	5	4	3	3	2	2
27. » M.	3	3	4	4	3	5	4	5	4	1	1	1	—
27. » A.	3	4	5	4	2	4	3	2	3	1	1	1	—
28. » M.	3	3	4	4	2	3	3	2	3	1	1	—	—
28. » A.	3	4	4	3	2	2	2	2	3	1	—	—	—
29. » M.	3	3	4	2	1	2	1	2	3	—	1	—	—
noch bis:	20. Juni M.	11. Juni A.	4. Juni A.	31. Mai A.	30. Mai M.	1. Juni M.	29. Mai A.	31. Mai A.	5. Juni A.	—	—	—	—
	43	38	28	7	1	6	1	5	26	—	—	—	—
Ges.-Abg.:	82	82	82	62	55	73	65	62	79	80	74	67	63

Serie II.

Vom 4. Juli morgens 7 Uhr bis zum 8. Sept. morgens 7 Uhr, von 12 zu 12 Stunden.

Zeit.	Geröllhang.						Wiesentrift.			
	Sedum rup.	*Centaurea pan.*	*Hieracium Pil.*	*Helichrysum ar.*	*Quercus sess.*	*Asperula cyn.*	*Centaurea Jac.*	*Achillea Mill.*	*Quercus ped.*	*Galium ver.*
4. Juli A.	3	5	5	7	5	10	9	9	8	17
5. » M.	2	4	5	5	4	7	5	5	5	10
5. » A.	3	4	4	6	5	7	6	7	7	11
6. » M.	2	3	4	5	3	5	4	5	6	10
6. » A.	3	4	4	6	5	5	5	5	7	9
7. » M.	2	3	3	5	3	4	4	4	4	4
7. » A.	2	4	4	5	5	4	6	5	6	2
8. » M.	2	3	3	5	3	4	5	5	5	1
8. » A.	3	4	4	5	4	2	6	5	6	—
9. » M.	2	3	3	4	3	2	4	4	4	—
9. » A.	2	3	3	4	3	1	4	4	4	—
10. » M.	2	3	2	3	2	1	4	4	4	—
noch bis:	8. Sept. M.	22. Juli M.	16. Juli A.	13. Juli M.	14. Juli M.	11. Juli M.	12. Juli A.	12. Juli M.	11. Juli M.	—
	51	20	19	5	9	1	8	5	3	—
Ges.-Abgabe:	79	63	63	65	54	53	70	67	69	64

Serie III.

Vom 1. August morgens 7 Uhr bis zum 22. August abends 7 Uhr, von 12 zu 12 Stunden.

Zeit.	Geröllhang.						Wiesentrift.		
	Pulsatilla pr.	*Peucedanum Cerv.*	*Scabiosa ochr.*	*Cynanchum Vinc.*	*Koeleria cr.*	*Thymus Serp.*	*Peucedanum Oreos.*	*Triodia dec.*	*Agrostis alb.*
1. August A.	3	5	5	6	8	11	13	14	26
2. » M.	3	4	4	5	6	8	11	7	16
2. » A.	3	5	4	5	6	7	10	9	3
3. » M.	3	3	3	4	4	6	8	6	3
3. » A.	3	4	4	4	5	5	7	5	—
4. » M.	3	3	4	4	3	4	5	4	3
4. » A.	3	4	4	4	3	2	6	4	—
5. » M.	3	3	4	3	2	1	3	2	2
5. » A.	3	5	4	4	1	—	3	3	—
6. » M.	3	3	4	3	1	1	2	1	—
6. » A.	3	4	4	4	—	—	1	1	—
7. » M.	3	3	3	2	1	1	1	—	—
noch bis:	22. Aug. A.	13. Aug. M.	12. Aug. A.	12. Aug. M.	8. Aug. M.	—	—	—	—
	28	21	18	11	1	—	—	—	—
Ges.-Abgabe:	64	67	65	59	41	46	70	56	53

Zur weiteren Veranschaulichung ist der Verdunstungsverlauf während der ersten 6 Tage durch Curven dargestellt; die Ordinaten geben die Verluste an und die Abscissen die Zeiten hierfür von 12 zu 12 Stunden.

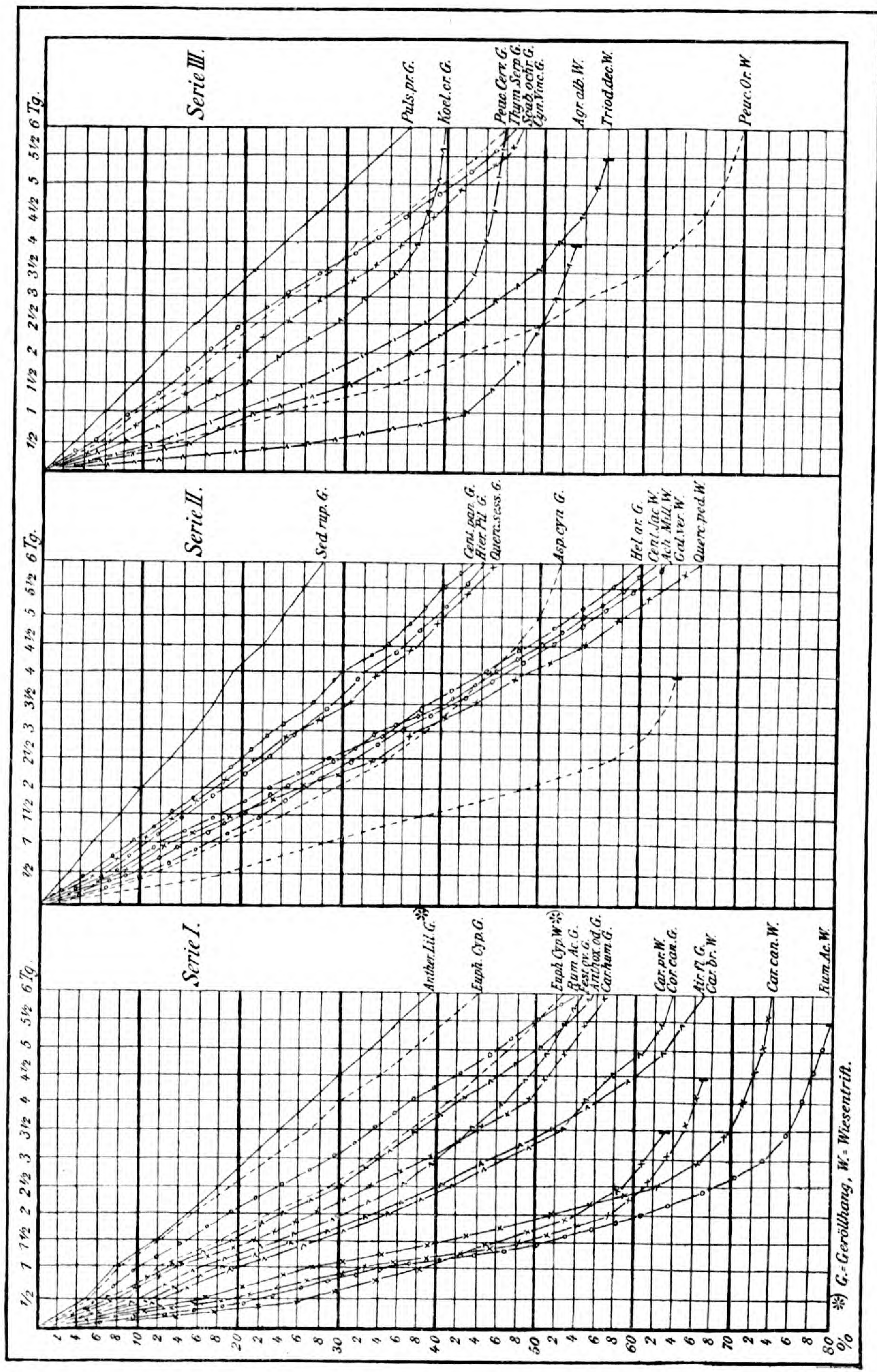


Fig. 1.

Es liegt sehr nahe, die Wasserabgaben zu den dazu gebrauchten Zeiten in Verbindung zu bringen, um so eine Art Verdunstungsgröße zu erhalten. In der nächsten Tabelle sind denn auch die Versuchspflanzen in einer nach ihren durchschnittlichen halbtägigen Verlusten aufsteigenden Reihe angeordnet.

Größe der Verdunstung.	Pflanze		Gesamtabgabe.	Dauer in halben Tagen.	Größe der Verdunstung.	Pflanze		Gesamtabgabe.	Dauer in halben Tagen.
0,60	*Sedum rup.*	G.	79	132	3,79	*Asperula cyn.*	G.	53	14
1,46	*Anthericum Lil.*	G.	82	56	3,83	*Thymus Serp.*	G.	46	12
1,49	*Pulsatilla pr.*	G.	64	43	3,93	*Festuca ov.*	G.	55	14
1,75	*Centaurea pan.*	G.	63	36	4,05	*Aira fl.*	G.	73	18
2,10	*Euphorbia Cyp.*	G.	82	39	4,12	*Centaurea Jac.*	W.	70	17
2,52	*Hieracium Pil.*	G.	63	25	4,19	*Achillea Mill.*	W.	67	16
2,68	*Cynanchum Vinc.*	G.	59	22	4,93	*Quercus ped.*	W.	69	14
2,70	*Quercus sess.*	G.	54	20	5,00	*Corynephorus can.*	G.	65	13
2,79	*Peucedanum Cerv.*	G.	67	24	5,09	*Triodia dec.*	W.	56	11
2,83	*Scabiosa ochr.*	G.	65	23	5,83	*Peucedanum Oreos.*	W.	70	12
2,93	*Koeleria cr.*	G.	41	14	6,17	*Carex can.*	W.	74	12
2,93	*Euphorbia Cyp.*	W.	79	27	6,63	*Agrostis alb.*	W.	53	8
3,28	*Rumex Acet.*	G.	82	25	7,27	*Rumex Acet.*	W.	80	11
3,61	*Helichrysum ar.*	G.	65	18	7,44	*Carex briz.*	W.	67	9
3,65	*Anthoxanthum od.*	G.	62	17	8,00	*Galium ver.*	W.	64	8
3,65	*Carex hum.*	G.	62	17	9,00	*Carex praec.*	W.	63	7

Diese Tabelle führt ohne weiteres die Überlegenheit und die Stärke der Boselpflanzen im Ausharren bei Wassernot vor die Augen. Und auch der heiße Sommer des Jahres 1892 war recht geeignet, ihre Leistungsfähigkeit in dieser Beziehung zu erproben.

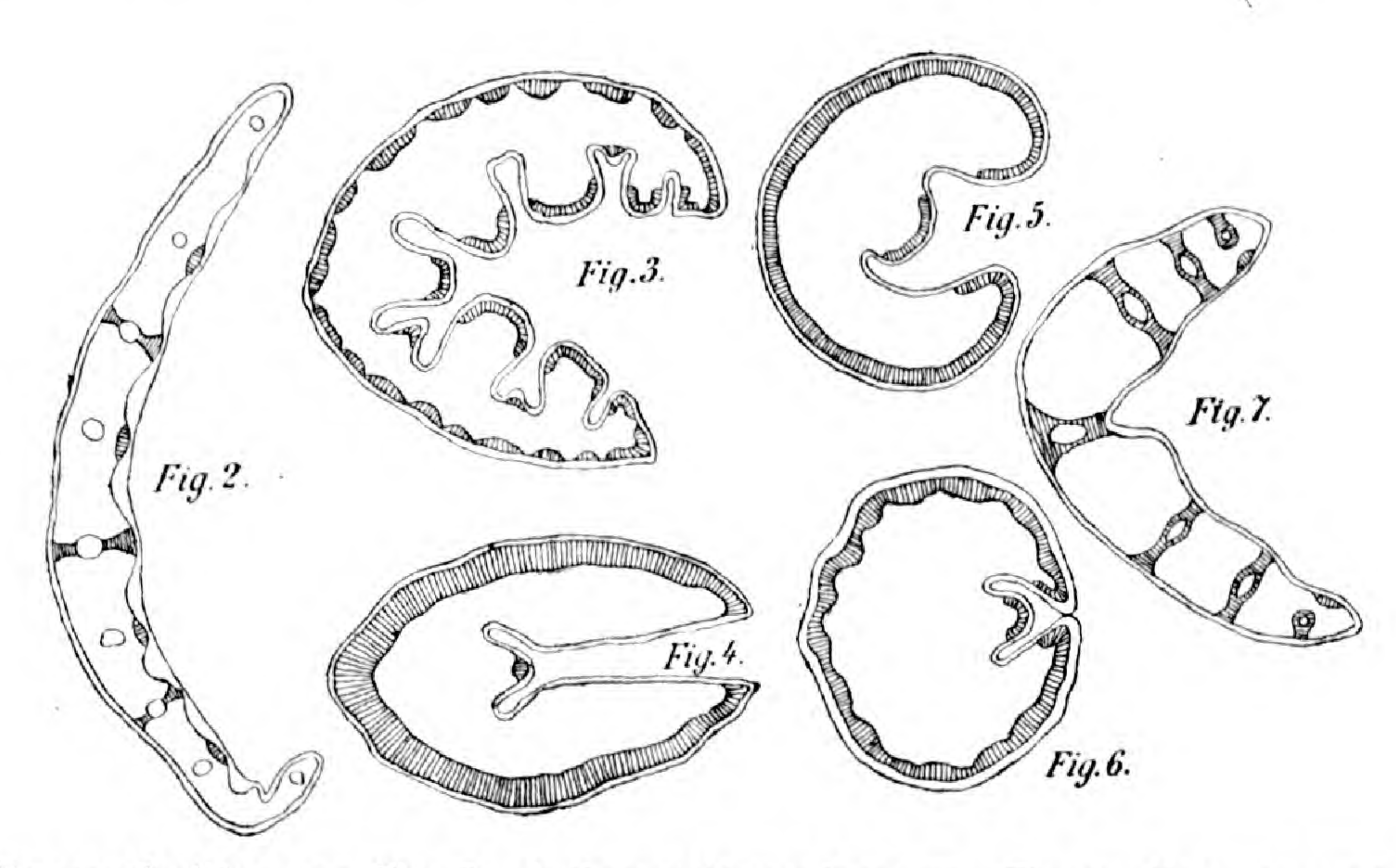
III. Anatomischer Überblick.

Es ist aus dem Vorausgegangenen selbstverständlich, dass zwischen dem anatomischen Aufbau der Geröllhangpflanzen und dem der Wiesentriftpflanzen Differenzen vorhanden sein müssen. Diese aufzudecken ist das Thema dieses Abschnittes. Da die Blätter die wesentlichsten Transpirationsorgane sind — der Stengel tritt in den Hintergrund —, so ist ihr specifischer Bau in erster Linie ins Auge zu fassen. O. Drude (3. p. 67) führt nachstehende acht xerophile Schutzeinrichtungen an, welche allerdings für die Pflanzen der trockenen subtropischen Klimate gelten: Kleinheit und rasche Abfälligkeit der jungen Blätter, Succulenz der Blätter oder blattlosen Stammorgane, Haarkleid der Blätter und Festigkeit der Oberhaut, Secrete von Wachs oder besonders von Firnislack, Gehalt an ätherischem Öl und auch Schleiminhalt, Schutzlage der verdunstenden Spaltöffnungen, Einrollung langer schmaler Blätter, Salzgehalt und Salzausscheidungen. Bei der folgenden kurzen anatomischen Betrachtung stoßen

wir auch z. T. auf diese Einrichtungen, wir müssen jedoch auch den inneren Gewebeverhältnissen unsere Aufmerksamkeit zuwenden.

Ich tingierte meine Schnitte mit HANSTEIN's Anilinviolett, Pikrin-Nigrosin, vorzüglich aber mit Anilinwasser-Safranin und wendete als Reagentien besonders Phloroglucin-Salzsäure und Chlorzinkjod an.

(G.) *Anthoxanthum odoratum* (Fig. 2). Der dichte Rasen besteht aus aufrechten Halmen und kurzen, linealischen, oberseits rinnigen Blättern. Die Rinnen sind zwar nicht tief, aber doch teilen sie das Blatt in Abschnitte, welche ihrerseits von je einem Gefäßbündel durchzogen sind. Die Gefäßbündel werden von z. T. I-Träger bildenden Sclerenchymsträngen begleitet.



Blattquerschnitte von: Fig. 2. *Anthoxanthum odoratum*, Fig. 3. *Koeleria cristata*, Fig. 4. *Festuca ovina*, Fig. 5. *Corynephorus canescens*, Fig. 6. *Aira flexuosa*, Fig. 7. *Carex humilis*.

Das reichlich Chlorophyll führende Parenchym besteht aus rundlich-polyedrischen Zellen. Nur enge Intercellularräume führen zu wenig großen Atemhöhlen. Um die Größe der letzteren einigermaßen zu veranschaulichen, wurde eine Anzahl der auf den Blattquerschnitten sich darbietenden Flächendurchschnitte der Atemhöhlen aus ihrer mittleren Breite und Tiefe berechnet und sodann der Mittelwert bestimmt. Für die Atemhöhle von *A. odoratum* ergab sich so ein Wert von 170 μ^2. Auch die Durchschnitte der Atemhöhlen der übrigen Pflanzen wurden auf diese Weise bestimmt, jedoch können und sollen uns diese Zahlenwerte nur ein vergleichendes Bild der doch vorhandenen Größendifferenzen geben. Mit der geringen Größe der Atemhöhlen harmoniert auch ihre Anzahl und somit auch die der Spaltöffnungen. Diese befinden sich sowohl auf der Oberseite, als auch auf der Unterseite, auf jener kommen auf den mm^2 nur 30 und auf dieser nur 10, welche Zahlen wiederum Mittelwerte aus 10 Zählungen darstellen. Von besonderer Wichtigkeit ist die Lage des Spalteneinganges zur Epidermisaußenfläche. Es sind in dieser Beziehung drei Fälle möglich. Einmal kann

der Eingang erhöht über der Epidermisoberfläche, dann mit ihr in derselben Ebene und weiterhin unter ihrem Niveau liegen. Bei unserer Pflanze ist eine merkliche Vertiefung der Spaltöffnungen zu constatieren. Bei einer Blattstärke von 133 μ ist die obere Epidermis 24 μ, ihre äußere Wandung 4 μ, die untere Epidermis 21 μ und ihre äußere Wandung ebenfalls 4 μ stark, während die Cuticula die Epidermiszellen in einer Stärke von 1,5 μ überzieht. In den Rinnen sind die Epidermiszellen zu größeren keil- bis trichterförmigen, mit farblosem, wässerigem Safte erfüllten Zellen umgewandelt. Ihre aus reiner Cellulose bestehenden Wände sind fest und mannigfach verbogen, und man kann sofort vermuten, dass sie mit einem Öffnen und Schließen des Blattes im Zusammenhange stehen, dass sie gewissermaßen die Stelle eines Charnieres versehen. Beim Befeuchten des trockenen Blattes mit Wasser dehnen sich diese Zellen aus, ihre Wände strecken sich, sie entfernen sich gegenseitig, und das Blatt wird flach. Umgekehrt schrumpfen die Zellen beim Austrocknen zusammen, und die Laminahälften suchen sich oberseitlich zu nähern. Beim ersten Anblick könnte man in diesen Zellen die Ursache der Bewegung vermuten, wie dem ist, werden wir später sehen. Spaltöffnungen sind über dieser Zellgruppe nicht vorhanden.

(G.) *Koeleria cristata* (Fig. 3) kann recht gut den Typus eines Steppengrases darstellen. Die grasgrünen Blätter zeigen die Faltungserscheinungen in noch höherem Maße. Das ganze Blatt scheint zum Öffnen und Schließen so recht eingerichtet zu sein. Es ist durch tiefe Längsrinnen auf der Oberseite in wirkliche Prismen gegliedert. Im Grunde der Rinnen treten wieder jene bei der selbstthätigen Bewegung des Blattes eine Rolle spielenden Zellen auf. Beim Trockenwerden rücken die Blatthälften mit ihren Prismen so nahe aneinander, dass ein nahezu vollständiger Verschluss der Blattoberseite erreicht wird. Das grüne Gewebe ist dichtgefügt. Von Bedeutung muss die Sclerenchymentwicklung sein; Baststreifen verhüllen unter der Epidermis den Kopf der Prismen und ebenso mit kurzen Unterbrechungen die morphologische Unterseite des Blattes. Spaltöffnungen weist nur die Oberseite auf, und auch hier liegen sie denkbarst geschützt, nämlich an den völlig nach außen abschließbaren Seitenwänden der Prismen. Was die Zahl der Spaltöffnungen, ferner die Größe der Atemhöhlen und die übrigen Größenverhältnisse betrifft, so verweise ich für *Koeleria*, sowie wie auch für die anderen zu besprechenden Pflanzen auf die den Schluss dieses Teiles bildende Tabelle. Zu bemerken ist noch, dass zwischen den langgestreckten Epidermiszellen zahlreiche Kurzzellen liegen, welche zu von der Cuticula überzogenen Trichomen auswachsen.

(G.) *Festuca ovina* (Fig. 4). Das Mesophyll der zusammengefaltetborstlichen Blätter ist dicht. An Rinnen haben sie in der Hauptsache nur zwei, so dass ein Mittelprisma gebildet wird, an welches sich beim Schließen des Blattes mit ihrem Grunde die Blatthälften anlegen. Die Unterseite ist

mit einem breiten subepidermalen Bastbelag ausgestattet, welcher auch auf die Oberseite übergreift. Einen Baststreifen noch besitzt der Kopf des Mittelprismas. Die Spaltöffnungen liegen in der Tiefe der meist zusammengefalteten Blattoberseite; hier sind sie allerdings so zusammengedrängt, dass auf den mm^2 innerer resp. oberer Fläche 300 kommen, auf die ganze Blattoberseite verteilt würde ihre Anzahl aber pro mm^2 nur etwa 30 betragen.

(G.) *Corynephorus canescens* (Fig. 5). Die graubereiften Blätter sind borstlich und starr. Ihr Bau ähnelt dem von *Festuca ovina*. Während aber hier das Blatt beim Trocknen gewissermaßen nur zusammenklappt, ist das Schließen bei *Corynephorus canescens* mehr ein Rollen, die Bewegung eine gerundetere. Auch hier bietet das Mesophyll den Intercellularen wenig Raum. Der subepidermale Baststreifen der Unterseite greift noch weiter auf die Oberseite über als bei *Festuca ovina*. Der Kopf des Mittelprismas, sowie der von eventuell noch auftretenden Nebenprismen ist ebenfalls durch einen Baststreifen gekrönt. Die Spaltöffnungen, deren eingesenkte Lage bemerkenswert ist, liegen natürlich nur auf der Oberseite über dem bastfreien grünen Gewebe. Besonders die Oberseite ist reich an cuticularisierten Trichomen; hat sich das Blatt geschlossen, so ist der innere Hohlraum mit einem Gewirr dieser Härchen erfüllt.

(G.) *Aira flexuosa* (Fig. 6). Das Blatt erreicht das Maximum eines borstlichen Habitus. Infolge der geringen Entwickelung der Oberfläche ist das Blatt kaum im Stande, sich zu öffnen. Jene keilförmigen Zellen der Epidermis sind deshalb auch hier nicht zu der Ausbildung gelangt wie bei den vorbesprochenen Arten. Ein kleiner, leicht abschließbarer und mit Härchen erfüllter Raum beherbergt die Spaltöffnungen und zwar in den durch das centrale Prisma gebildeten zwei Rinnen. Gegen die Epidermis ist das grüne Gewebe durch einen nur an den beiden Rinnen unterbrochenen Bastring abgeschlossen.

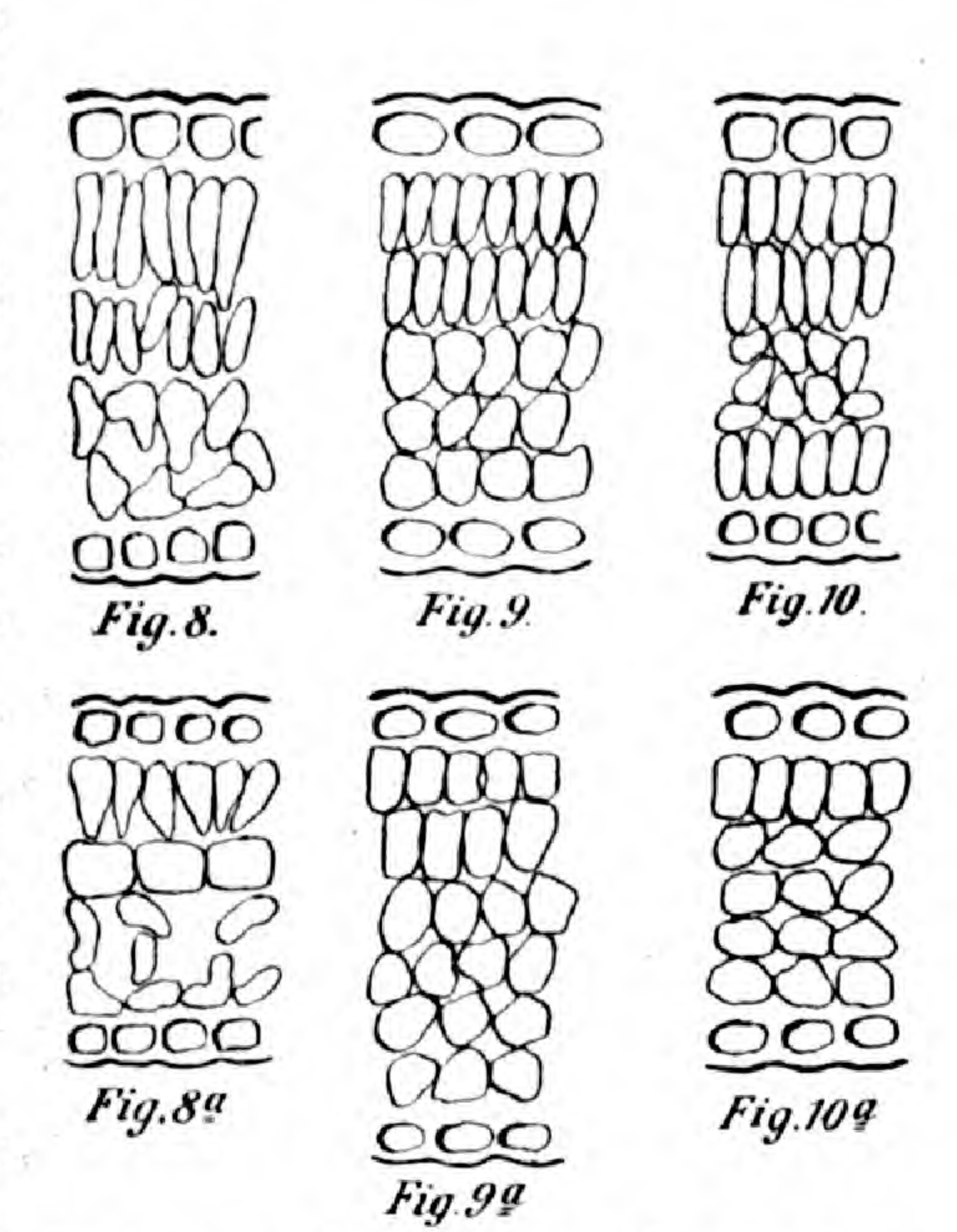
(W.) *Agrostis alba* und (W.) *Triodia decumbens* haben mit *Anthoxanthum* die flachen Blätter gemein. Auch der innere Blattbau ist in Anordnung der Elemente derselbe. Es sei noch angeführt, dass die Spaltöffnungen im Gegensatz zu *Anthoxanthum odoratum* keine vertiefte Lage besitzen.

(G.) *Carex humilis* (Fig. 7). Die Blätter sind rinnig und werden durch eine Anzahl I-Träger gefestigt. Das sonst dichte assimilierende Gewebe ist von schizogenen Luftgängen durchbrochen. Das Blatt ist auch hier zum Öffnen und Schließen eingerichtet. Der Bewegungsvorgang, welcher in einem Auf- und Zusammenklappen besteht, kann durch Befeuchten und Trocknen beliebig wiederholt werden, wobei die Charnierzellen in der Mittelrinne eine bedeutende Volumveränderung erleiden. Der diesen Zellen auf der Unterseite gegenüberliegende Teil des Trägers setzt sich auf die Epidermis mit breitem Fuße auf, auch seine Elemente beteiligen sich sichtbar bei den Quellungsvorgängen. Eine Eigentümlichkeit tritt uns in

der Oberhaut entgegen. Über den Sclerenchymsträngen nämlich verläuft zwischen den längeren Epidermiszellen eine oft verdoppelte und unterbrochene Reihe von mehr kubisch geformten Zellen, ihre Bodenwand erscheint enorm verdickt und ragt in den Zellraum hinein. Spaltöffnungen besitzt nur die Unterseite.

(W.) *Carex canescens*, (W.) *Carex brizoides* und (W.) *Carex praecox* unterscheiden sich von *Carex humilis* wesentlich durch ihre flachen Blätter und deren geringere Faltungsfähigkeit, ferner durch das Fehlen jener eigentümlich verdickten Epidermiszellen.

(G.) *Anthericum Liliago.* Aus dem büscheligen, langfaserigen Rhizom ragen neben dem festen Blütenstengel lange, unbehaarte, halbgerollte und mit schleimigem Zellsaft erfüllte Blätter empor. Die rundlich-polyedrischen Zellen des grünen Gewebes besitzen ein festes Gefüge, zwischen ihnen eingelagert sind zahlreiche, oft zu förmlichen Reihen angeordnete Raphidenzellen. Die mächtig entwickelten Nachbarzellen der unter- und oberseits befindlichen Spaltöffnungen wölben sich weit nach oben, so dass eine oft beträchtliche Vertiefung entsteht. Ferner zeichnet sich durch ihre Größe die den Gefäßbündeln unterseits gegenüberliegende Epidermiszelle aus, indem sie die übrigen Zellen durchschnittlich um das Fünffache übertrifft.



Blattquerschnitt von: Fig. 8. *Quercus sessiliflora*, Fig. 8a. *Quercus pedunculata*, Fig. 9. *Rumex Acetosella* (G.), Fig. 9a. *Rumex Acetosella* (W.). Fig. 10. *Peucedanum Cervarta*, Fig. 10a. *Peucedanum Oreoselinum.*

(G.) *Quercus sessiliflora* (Fig. 8). Der Blattbau ist, wie bei den meisten breitflächigen Laubblättern, ein dorsiventraler. Nicht nur dass die obere Epidermis $1/2$ mal stärker ist als die untere, es erstreckt sich die Verschiedenheit auch auf das innere Gewebe. Unter der Oberhaut stehen dicht aneinander gereiht lange Palissadenzellen. Die Zellen der folgenden Schicht sind ebenfalls, wenn auch in geringerem Maße, palissadenartig entwickelt. Den Raum zwischen dieser Zellschicht und der unteren Epidermis füllt das Schwammparenchym aus. Nur die Unterseite besitzt Spaltöffnungen, und darüber breitet sich ein Genetz langarmiger Sternhaare.

(W.) *Quercus pedunculata* (Fig. 8a). Der Blattbau zeigt zum vorigen wesentliche Differenzen. Schon die Blattstärke ist bei gleicher Flächenentwickelung geringer. Ferner ist die obere Epidermis nicht erheblich stärker als die untere. Die Zellen unter der Oberseite zeigen zwar auch Neigung zu Palissadenbildung, doch sind sie nur kurz und mehr keilförmig; mit dem Rücken lehnen sie sich an die Epidermis an, so dass zwischen

ihnen weite freie Räume sich bilden. Die zweite Zellschicht besteht aus einer Reihe gewöhnlicher Parenchymzellen. Das Schwammparenchym ist bedeutend lockerer als das bei *Quercus sessiliflora*. Ein weiterer Unterschied ist der, dass die Blattunterseite von Haaren unbedeckt ist.

(G.) *Rumex Acetosella* (Fig. 9). Die schmalen spießförmigen Blätter besitzen oberseitlich eine zweischichtige Palissadenzellenlage. Darauf folgt das übrige ziemlich eng schließende Gewebe; eingelagert sind zahlreiche Calciumoxalatdrusen. Zwischen die Epidermiszellen schieben sich Drüsenhaare.

(W.) *Rumex Acetosella* (Fig. 9a) weicht von der Geröllhangpflanze ab durch die nur schwache Neigung zur Bildung von Palissadengewebe und die größeren Intercellularräume.

(G.) *Pulsatilla pratensis*. Beide Flächen des fiederschnittigen, starken Blattes sind, wie auch Blattstiel und Stengel, dicht mit langen, einzelligen Haaren bedeckt. Der Querschnitt des Fiederchens stellt eine Ellipse dar. Das Mesophyll ist fast ausschließlich palissadenartig entwickelt und radial angeordnet, nur im Centrum liegt ein schmaler Streifen isodiametrischer Zellen. Neben Drusen von oxalsaurem Kalk bemerkt man zahlreiche Gummigänge.

(G.) *Sedum rupestre*. Beblättert ist nur der obere Teil des langen, kriechenden und besonders unten stark verkorkten Stengels. Die Blätter besitzen die Ausbildung des Dickblattes, sie sind kurz und fast stielrund, außerdem legen sie sich mehr oder weniger mit ihrer Oberseite an den Stengel an. Palissadengewebe ist nicht vorhanden, das Grundgewebe besteht nur aus polyedrischen bis rundlichen Zellen, welche nach innen zu an Chlorophyll ärmer werden, es schließlich ganz verlieren und nur noch einen farblosen, schleimigen Zellsaft führen.

(G.) *Euphorbia Cyparissias*. Unsere einheimischen Wolfsmilcharten weisen nicht jene eigentümlichen, mehr dem Cactusbau sich nähernden Formen auf, durch welche sich heiße und trockene Gegenden bewohnende Vertreter der Familie auszeichnen. Jedoch ist auch bei *Euphorbia Cyparissias* die Erscheinung bemerkenswert, dass die Blätter bei geringer Breite eine verhältnismäßig bedeutende Dicke erreichen. Das einzige Gefäßbündel liegt nahe der hier doppeltschichtigen Epidermis und ist von dieser getrennt durch eine Gruppe farbloser Parenchymzellen. Das grüne Gewebe besteht unter der oberen Epidermis aus einem starken, einschichtigen Palissadensystem, welches die Hälfte des ganzen Blattinnern einnimmt. Das übrige Gewebe ist dicht und von zahlreichen, den charakteristischen weißen Milchsaft führenden Milchröhren durchzogen. Der untere, stark verkorkte Stengel ist frei von Blättern.

(W.) *Euphorbia Cyparissias*. Die Bewohnerin der Wiesentrift gleicht im Bau völlig der des Geröllhanges.

(G.) *Peucedanum Cervaria* (Fig. 10). Die gefiederten, graugrünen, fast

lederartigen Blätter zeigen im Querschnitt oberseitlich zwei Lagen eng gefügter Palissadenzellen, darauf folgt ein wenig mächtiges und wenig charakteristisches Schwammparenchym, welches nach der Unterseite durch eine Reihe Palissadenzellen abgeschlossen wird.

(W.) *Peucedanum Oreoselinum* (Fig. 10a). Das gefiederte, grasgrüne Blatt besitzt eine geringere Mächtigkeit als das der vorigen Art. Der Hauptteil des Mesophylls besteht aus mehreren Lagen gewöhnlicher Parenchymzellen, nur unter der Oberseite ist eine Reihe von Zellen zu nur kurzen Palissadenzellen entwickelt.

(G.) *Cynanchum Vincetoxicum.* Das Mesophyll zerfällt in ein festes, einschichtiges Palissadengewebe und ein verhältnismäßig dichtes Schwammparenchym. Am Blattrande ist die Epidermis dreireihig. Ober- und Unterseite sind schwach mit mehrzelligen Trichomen besetzt.

(G.) *Thymus Serpyllum.* Die kleinen, flachen, rundlich-elliptischen Blätter zeichnen sich durch Reichtum an großen, gelben Öldrüsen aus. Das Palissadengewebe besteht aus zwei Schichten festgefügter Zellen, welche weit in das Blatt hineingreifen, so dass das dichte Schwammgewebe nur wenig mächtig ist. Die Epidermiszellen stülpen sich vielfach zu kurzen Trichomen aus.

(G.) *Asperula cynanchica.* In dem spitzlinealischen Blatt zeigt das Grundgewebe sowohl oberseits als auch unterseits Palissadenbau. Zwischen dem mittleren Gefäßteil und der unteren Epidermis liegt eine große Gruppe von Bastelementen. Das Gefäßbündel selbst ist von einem Ringe farbloser, dünnwandiger Zellen umgeben, deren es auch im weiteren Gewebe zerstreut giebt. Hinter den Epidermiszellen der centralen Blattrinne liegen Collenchymzellen.

(W.) *Galium verum.* Nur das oberseitliche Mesophyll zeigt Palissadenbau. Auch hier ist das Gefäßbündel von einer farblosen Parenchymscheide umschlossen, welche nach der Unterseite zu in Collenchym übergeht. Die Oberseite des Blattes besitzt eine spärliche, die Unterseite eine reichliche Bedeckung von safterfüllten Haaren.

(G.) *Scabiosa ochroleuca.* Die Mittelrippe tritt auf der Unterseite stark hervor und ist oben- und untenseitig von farblosem Collenchym ohne Intercellularen erfüllt. Das grüne Gewebe ist an der Oberseite zu zwei Palissadenschichten ausgebildet. Beiderseits sind die Blätter mit einzelligen Trichomen bedeckt.

(G.) *Centaurea paniculata*, sowie auch die nachfolgenden Compositen, *Achillea Millefolium* ausgenommen, zeigen im ganzen genommen denselben Aufbau des Blattes wie die vorige Dipsacee, besonders ist auch die Mittelrippe reich an Collenchym. Auf beiden Seiten tritt zweischichtiges Palissadengewebe auf. Das Blatt ist beiderseitig von mit Saft erfüllten Härchen bedeckt.

(G.) *Hieracium Pilosella.* Die Blätter sind oberseits mit langen, borstenartigen, hakig gezähnten Haaren besetzt. Zu derartigen, aber kürzeren

Geröllhang.	Zahl der Spaltöffnungen pro mm²		Durchschnittsfläche der Atemhöhle in μ².	Mittlere Stärke in μ.				Stärke der Cuticula in μ.	Wiesentrift.	Zahl der Spaltöffnungen pro mm²		Durchschnittsfläche der Atemhöhle in μ².	Mittlere Stärke in μ.				Stärke der Cuticula in μ.
	oben.	unten.		Obere Epidermis.	Deren Außenwand.	Untere Epidermis.	Deren Außenwand.			oben.	unten.		Obere Epidermis.	Deren Außenwand.	Untere Epidermis.	Deren Außenwand.	
Anthoxanthum odoratum . .	30	10	170	24	4	21	4	1,5	*Agrostis alba*	150	45	160	11	3	14	4	1,4
Koeleria cristata	15	—	68	14	4,5	20	5	1,2	*Triodia decumbens*	255	25	375	15	4	16	4	1,0
Festuca ovina	30	—	28	15	3	21	4	1,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Corynephorus canescens . .	60	—	75	20	3,5	20	4	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Aira flexuosa	95	—	36	15	4	45	8	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Carex humilis	—	130	36	16	7	16	8	1,4	*Carex canescens*	—	120	96	11	3,5	14	3,5	0,6
—	—	—	—	—	—	—	—	—	*Carex brizoides*	—	140	150	16	4	14	4	0,8
—	—	—	—	—	—	—	—	—	*Carex praecox*	—	210	110	13	2,5	24	4	1,0
Anthericum Liliago . . .	105	75	360	23	6	24	6	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Quercus sessiliflora . .	—	225	255	24	4	16	2,5	1,5	*Quercus pedunculata* .	—	330	462	13	3,5	10	2	1,4
Rumex Acetosella . . .	84	100	728	35	5,5	46	7	1,5	*Rumex Acetosella*	80	116	1802	21	2,5	42	3,5	1,5
Pulsatilla pratensis . . .	90	60	588	21	4	25	7	1,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sedum rupestre . . .	12	15	714	42	6	42	6	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Euphorbia Cyparissias . .	80	60	88	23	4	18	4	1,6	*Euphorbia Cyparissias* . .	85	50	187	21	4	17	3	1,5
Peucedanum Cervaria . .	—	270	306	34	4	21	4	0,9	*Peucedanum Oreoselinum* .	—	150	1032	25	4	15	4	0,6
Cynanchum Vincetoxicum	—	225	352	18	6	16	6	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Thymus Serpyllum . . .	60	150	150	21	5,5	17	7	0,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Asperula cynanchica . .	75	35	392	24	7	35	8	1,7	*Galium verum*	—	180	336	15	3,5	28	3,5	1,4
Scabiosa ochroleuca .	25	120	294	21	5	24	6	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Centaurea paniculata .	60	85	308	20	7	20	7	1,6	*Centaurea Jacea*	130	165	1128	20	4	17	4	0,7
Hieracium Pilosella . .	210	140	520	25	4	17	3,5	1,0	*Achillea Millefolium* . . .	125	35	2920	26	5	24	4,5	0,5
Helichrysum arenarium .	150	150	336	15	3,5	20	3,5	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Haargebilden tritt auf der Unterseite ein filziges Gewirr von langarmigen Sternhaaren. Das wenig große Intercellularen aufweisende Grundgewebe geht nach oben in ein zwei- bis dreischichtiges Palissadengewebe über.

(G.) *Helichrysum arenarium*. Die Blätter sind stengelherablaufend und liegen mit ihrer Oberfläche dem Stengel an. Beide Seiten sind mit einem Filz langer, gegliederter Wollhaare überzogen. Das Grundgewebe ist fest gefügt und nach oben zu Palissadengewebe ausgebildet.

(W.) *Centaurea Jacea* unterscheidet sich von *Centaurea paniculata* durch die bedeutendere Entwickelung der Intercellularräume, die geringere Quantität Palissadengewebes und den Mangel einer Haarbedeckung.

(W.) *Achillea Millefolium*. Der Blattrippe fehlt das Collenchym. Ins Auge fallen die großen Intercellularen. Die untere Seite ist mit weniger dicht stehenden, langen Haaren besetzt.

IV. Biologische Zusammenfassung.

Bei den biologischen Betrachtungen angelangt, möchte ich betonen, dass es sich hier weniger darum handeln soll, neue anatomisch-biologische Beziehungen zum Wesen der Transpiration aufzudecken — denn Untersuchungen und Litteratur darüber lassen dies als genügend vorbereitet ansehen —, als vielmehr an einem concreten Beispiel eines einheitlichen, auf eine Fläche von wenigen Ar zusammengedrängten natürlichen Bestandes die mannigfaltige Vielheit der Schutzeinrichtungen und Lebenshaltung zu zeigen. Es ergiebt sich diese Vielheit besonders in:

1. Anatomische Hilfsmittel;
2. Chemischer Schutz im Saft;
3. Ausbildung der Bewurzelung zum Erreichen der feuchteren Bodenschichten (*Pulsatilla prat.* u. a.);
4. Totalperiode (frühzeitiges Blühen, Reifen und Absterben, z. B. bei *Anthoxanthum od.* im Vergleich mit derselben Art auf Wiesenboden).

Als Haupterreger der Transpirationssteigerung muss das Sonnenlicht angesehen werden. Der direct auf das Blatt fallende Sonnenstrahl beschleunigt die bei diffusem Licht langsam vor sich gehende Wasserdampfbildung. Jedoch hat sich die Pflanze diesem Umstand anzubequemen, da sie in erster Linie des Sonnenlichtes bedarf bei der Production organischer Substanz, im Interesse der Transpiration aber hat sie sich gegebenen Falles nach Möglichkeit vor einer zu starken Insolation zu schützen, ohne sich jedoch dem Einflusse des Sonnenlichtes entziehen zu können. Dies wird erreicht entweder durch besondere Stellung des Blattes zu den einfallenden Sonnenstrahlen oder durch Verringerung der transpirierenden Fläche. Bei einem vertical gestellten Blatte z. B. werden die Strahlen zur Mittagszeit nur die Blattkante treffen. Viele Pflanzen trockener und heißer Klimate besitzen Blätter mit Verticalstellung, besonders jene Eucalypten und

Akazien, welche durch diese Einrichtung den eigentümlichen, lichten Charakter der australischen Wälder bedingen. Eine gedeihliche Assimilation verlangt zwar eine möglichst große Flächenentwickelung, es kann diese aber im Interesse der Transpiration unter Beibehaltung der Quantität des Blattgewebes verringert werden durch Annahme einer diesbezüglich zweckmäßigen Form seitens des Blattes, und dies würde am besten die Kugelform sein. Wenn wir auch in unserem gemäßigten Klima keine derartigen extremen Schutzeinrichtungen erwarten dürfen, wie sie ein trockenes verlangt, so finden wir doch auch bei uns Blattstellungs- und Blattformenverhältnisse, welche auf einen Schutz im angeführten Sinne hinzielen.

Blattstellung. Eine directe Verticalstellung des Blattes ist zu beobachten bei *Peucedanum Cerv.*, und zwar wird sie durch Krümmung des Blattstieles erreicht. Die Fläche sämtlicher Blätter richtet sich nach den Sonnenstrahlen, und die Pflanze gewährt dadurch bei ihrem Blätterreichtum einen auffallend eigentümlichen Eindruck. Es erinnert diese Erscheinung an jene merkwürdigen, die Prairien bewohnenden Compasspflanzen, von denen Kerner von Marilaun sagt: »Für das Leben der Compasspflanzen selbst hat die Meridianstellung ihrer vertical aufgerichteten Blätter den Vorteil, dass die Flächen von den am kühlen und relativ feuchten Morgen und ebenso am Abende nahezu senkrecht auf sie einfallenden Sonnenstrahlen wohl durchleuchtet, aber nicht stark erwärmt und nicht übermäßig zur Transpiration angeregt werden, dass dagegen zur Mittagszeit, wenn die Blätter nur im Profile von den Sonnenstrahlen getroffen werden, auch die Erwärmung und Transpiration verhältnismäßig gering sind« (9. p. 312).

Ganz dasselbe Resultat wird auch erreicht, wenn sich das Blatt an den aufrechten Stengel anlegt, namentlich wenn es dazu noch am Stengel herabläuft, wie es bei *Helichrysum ar.* der Fall ist. Dazu tritt noch der Vorteil, dass eine Fläche, die Oberfläche, mehr oder weniger vollkommen vor Insolation gesichert ist. Auch bei *Sedum rup.* ist die Blattoberfläche einigermaßen geschützt durch das Anlegen an den Stengel. Besonders aber muss die aufrechte Stellung der Grasblätter dem Bestreben entsprechen, die Sonnenstrahlen unter möglichst spitzem Winkel auftreffen zu lassen. Flache, nicht einrollungsfähige Blätter werden gar bald von den intensiven Strahlen der Sonne bezwungen werden und sich umlegen; anders aber ist es bei jenen Blättern, welche sich bei Eintritt von Trockenheit zusammenfalten oder einrollen, sie erhalten dadurch die Festigkeit einer Röhre und bleiben unbewegt vertical stehen (*Koeleria cr.*, *Festuca ov.*, *Corynephorus can.*, *Aira fl.*, *Carex hum.*).

Blattform. Die Verringerung der verdunstenden Oberfläche wird einmal erreicht durch rudimentäre Entwickelung der Blätter. Ferner können die Organe ihren Rauminhalt beibehalten, indem sie unter Abnahme der Breite an Dicke zunehmen. Dann wird aber auch weiterhin das Verhältnis zwischen Volumen und Oberfläche kleiner, wenn das Blatt ohne

Verringerung von Breite und Länge stärker wird. In unsere Betrachtungen sind nur die beiden letzten Fälle hereinzuziehen. Durch die Blattform ragt hervor das succulente *Sedum rup.* Das saftige Blatt erreicht beinahe die Form eines Cylinders und »solche Dickblätter, welche sich der Cylinderform mehr oder weniger nähern, findet man auch regelmäßig dort, wo die Transpiration für längere Zeit sehr herabgesetzt werden muss, also beispielsweise in den mittel- und südeuropäischen Gebirgsgegenden, an den auf leicht austrocknendem sandigen Boden, an Steinwänden und Mauern vorkommenden Arten der Gattung *Sedum*« (9. p. 301). Auch bei einem anderen Blattsucculenten, bei *Euphorbia Cyp.* (p. 372) wurde schon die durch das Schmälerwerden des Blattes bedingte geringere Oberflächenentwickelung berührt. Diese Eigentümlichkeit der Pflanze weist uns hin auf jene tropischen Glieder der Familie, deren Blätter verkümmern, worauf der dicke, fleischig gewordene Stengel die Blattfunctionen übernimmt. Das Einrollen des Blattes von *Koeleria cr.* etc. bei eintretender Trockenheit kann ebenfalls als das Bestreben aufgefasst werden, die Außenfläche zu reducieren, und zwar beträgt dann im günstigsten Falle die Differenz die gesamte Oberseite. Dem Sonnenlichte entrückte Pflanzen zeigen mit den Sonnenpflanzen einen deutlichen Unterschied in der Stärke ihrer Blätter. So nehmen nach E. STAHL (12. p. 26) die rundlichen Blätter von *Sedum dasyphyllum* an schattigen Orten eine mehr flache Gestalt an, indem sie zugleich größer werden, und bei einer Messung ferner von Schatten- und Sonnenblatt der Buche betrug die Differenz in der Stärke 130 μ. Das Stärkerwerden des Blattes ist auf die intensivere Insolation zurückzuführen.

Mesophyll. Bei den Laubblättern geht die Verstärkung in den meisten Fällen vor sich durch Bildung von Palissadengewebe. Ob dies mehr aus Gründen der Assimilation oder der Transpiration geschieht, das mag vorläufig unerörtert bleiben. Es ist aber zu bemerken, dass sich unter den Vertretern der Wiesentrift keine Schattenpflanzen befinden, dass jedoch bezüglich des Palissadengewebes Unterschiede vorhanden sind zwischen den Pflanzen der Wiesentrift und denen des Geröllhanges, welch letztere ja allerdings der Sonnenbestrahlung unter anderen Bedingungen ausgesetzt sind. In umstehender Zusammenstellung werden uns diese Verhältnisse nähergerückt.

Auffallend ist besonders der Unterschied in der Blattstärke zwischen *Centaurea pan.* und *Centaurea Jac.*, *Peucedanum Cerv.* und *Peucedanum Oreos.*, *Asperula cyn.* und *Galium ver.*, *Quercus sess.* und *Quercus ped.*; hervorragend ist ferner *Pulsatilla prat.* Wir treten nun heran an die Frage: Kann die Ausbildung des Palissadenparenchyms als eine Anpassung an den trockenen Standort angesehen werden? Auf jeden Fall wird eine durch Palissadenbildung hervorgerufene Verstärkung des Blattes nach dem Principe der Oberflächenreduction nur von Vorteil sein, jedoch lässt sich die Frage nach dem Nutzen des Palissadenparenchyms an und für sich nicht

ohne weiteres erledigen, wenn auch für ihn die in der Tabelle angeführten Bruchzahlen sprechen. Wir können annehmen, dass die Organisation der assimilierenden Zellen nach zwei Principien geschieht, dem der Regulierung der Lichtstrahlenaufnahme, welches mir das wichtigere zu sein scheint, und dem der Stoffableitung. Durch zu intensives Licht wird der Chlorophyllfarbstoff zerstört und somit die Kohlenstoffgewinnung aufgehoben. Ein Schutz gegen die steil einfallenden Lichtstrahlen wird schon erreicht durch die Verticalstellung der Assimilationsorgane. Dann aber besitzen, wie es besonders die Arbeiten von E. Stahl ergeben haben, die Chlorophyllkörper die Fähigkeit, sich dem Lichtbedürfnis entsprechend einzustellen. Es stellen sich nämlich die Körper bei schwächerem Lichte an die zur Strahlenrichtung senkrechten Wände der Zelle (Flächenstellung), bei intensiveren an die den Strahlen parallelen Wandungen (Profilstellung). Eine derartige Wanderung, deren Träger das Protoplasma ist, geschieht aber nur in den flachen Schwammzellen, während in den Palissadenzellen im diffusen Lichte wie

Geröllhang.	Lage des Pal.-Gew.	Blattstärke in μ.	Stärke des Pal.-Gewebes in Bruchteilen des Mesophylls.	Wiesentrift.	Lage des Pal.-Gew.	Blattstärke in μ.	Stärke des Pal.-Gewebes in Bruchteilen des Mesophylls.
Pulsatilla prat. . .	Beiders.	535	$^5/_6$	—	—	—	—
Centaurea pan. . .	»	230	$^4/_5$	*Centaurea Jac.* . .	Obers.	130	bis $^1/_3$
Peucedanum Cerv. .	»	182	$^3/_4$	*Peucedanum Oreos.*	»	119	$^1/_3$
Asperula cyn. . . .	»	232	$^3/_5$	*Galium ver.* . . .	»	155	$^1/_3$
Quercus sess. . . .	Obers.	168	$^2/_3$	*Quercus ped.* . . .	»	92	$^1/_3$
Thymus Serp. . . .	»	183	$^2/_3$	—	—	—	—
Rumex Acet. . . .	»	180	$^1/_2$	*Rumex Acet.* . . .	»	170	$^1/_5$
Hieracium Pil. . .	»	246	$^1/_2$	*Achillea Mill.* . . .	»	247	bis $^1/_3$
Scabiosa ochr. . .	»	180	$^1/_2$	—	—	—	—
Euphorbia Cyp. . .	»	133	$^1/_2$	*Euphorbia Cyp.* . .	»	135	$^1/_2$
Cynanchum Vinc. .	»	162	$^1/_3$	—	—	—	—
Helichrysum ar. . .	»	105	$^1/_3$	—	—	—	—

im Sonnenlichte Profilstellung herrscht. »Die Palissadenzellen sind die für starke Lichtintensitäten, die flachen Schwammzellen die für geringe Intensitäten angemessenen Zellformen« (12. p. 10). Nach G. Haberlandt liegt der Vorteil des Palissadenparenchyms, aber nur einzig und allein, in der Förderung der Stoffableitung; um die Assimilation nicht zu hindern, müssen ihre Producte möglichst schnell aus dem grünen Gewebe entfernt werden, und »indem die Assimilationsproducte in derselben Richtung auswandern, in welcher die Palissadenzellen gestreckt sind, werden die producierten Stoffe auf dem denkbar kürzesten Wege aus dem Assimilationssystem hinausgeschafft« (6. p. 191). Da nun die stärker mit Palissadenparenchym ausgerüsteten Geröllhangpflanzen gewiss auch nicht mehr Assimilationsproducte liefern als die Wiesentriftpflanzen, so dürfte das Palissadengewebe wohl als Schutz gegen zu intensive Insolation wirken. Wir können uns

beide Bauprincipien in ihrem Nutzen für die Assimilation vereinigt denken, dem ersteren aber gebührt sicher der Vorrang. Und alle Einrichtungen, welche die intensiven Sonnenstrahlen abhalten, sind zugleich als Mittel zum Zwecke der Herabsetzung der Transpiration zu betrachten. Hauptsächlich muss die Activität der Chlorophyllkörper berücksichtigt werden, indem sie das absorbierte Licht in Wärme umsetzen. Die die Körper voll und grell treffenden Lichtstrahlen werden eben die Quelle einer größeren Wärmeentwickelung bilden, als die mit Maß aufgefangenen. Schattenpflanzen haben den Schutz gegen zu starke Insolation nicht nötig, ebenso die dem Boden zugekehrten Blattseiten. Nehmen die bestrahlten Blätter aber durch Drehung eine verticale Stellung ein, so entwickelt nun auch die stärker belichtete Unterseite Palissadengewebe; so zeigt *Peucedanum Cerv.* unterseits eine starke Palissadenzellenlage. Palissadenparenchym weist auch die wenig geschützte Unterseite der nur schmalen Blätter von *Asperula cyn.* und *Centaurea pan.* auf. Bemerkenswert ist noch, dass mehrfach das Palissadengewebe in mehreren Lagen auftritt, so bei *Quercus sess.*, *Rumex Acet.* (Geröllhang!), *Pulsatilla prat.*, *Peucedanum Cerv.*, *Thymus Serp.*, *Asperula cyn.*, *Scabiosa ochr.*, *Centaurea pan.* und *Hieracium Pil.* Einen derartigen Bau können nur Pflanzen sonnigen Standortes besitzen (12. p. 31). Ein nicht zu unterschätzender Factor der Palissadenzellenbildung dürfte in der Vererbung liegen; die besondere Neigung einer Anzahl von Boselpflanzen zum Palissadenbau gemahnt an jene osteuropäischen Steppen, aus denen ihre Vorfahren eingewandert sind.

Durch starkes Palissadenparenchym wird das Schwammgewebe zurückgedrängt, und da, wo von beiden Seiten Palissadenzellen in das Innere hineingreifen, besteht das nur wenig mächtige Schwammparenchym aus mehr rundlich-polyedrischen Zellen, sodass auch die Ausdehnung der Intercellularräume zurücktritt. Die geeignetste Zellform, welche ein weitgehendes Einengen der intercellularen Hohlräume gestattet, ist die Form der Palissadenzellen, weil diese sich fast lückenlos aneinander schließen können, und nach E. Stahl (12. p. 18) geht mit der Anpassung an geringe Lichtintensitäten, indem das Palissadengewebe zu Gunsten des an Intercellularräumen reichen Schwammgewebes zurücktritt, eine Vergrößerung der Hohlräume Hand in Hand, und steigert sich auch mit ihr die Verdunstungsgröße. Nach G. Volkens allerdings rangiert mit Recht die Transpiration hinter der Assimilation, »die Transpiration leitet wohl physiologische Processe ein, sie wird auch von solchen indirect, ich möchte sagen unbeabsichtigter Weise in ihrer Ausgiebigkeit modificiert, sie selbst aber ist keiner« (17. p. 37). Aber so gar bedeutend ist die Unterordnung nicht. G. Haberlandt (6. p. 37) wieder dürfte zu weit gehen, wenn er dem Schwammparenchym die Bezeichnung eines Transpirationsgewebes giebt. Freilich ist wohl die größte Menge des vom Blatt ausgeschiedenen Wasserdampfes auf Rechnung der großen Intercellularen des Schwammgewebes

zu setzen, weil mit deren Ausdehnung diejenige der transpirierenden Fläche des Blattinneren verknüpft ist, aber es darf nicht außer Acht gelassen werden, dass gerade eine ausgedehnte Intercellularenwandfläche die Ausbreitung und Verteilung der Kohlensäure begünstigt. Die Assimilation kann nicht im Interesse der Transpiration unterdrückt werden und umgekehrt, beide Processe müssen bei dem Aufbau des Blattes berücksichtigt werden und so zwar, dass im Notfalle die Entwickelung der Intercellularräume auf das niedrigste Maß beschränkt wird, aber immer noch in erster Linie die Assimilation steht. Zu ähnlichem Schlusse ist auch A. Wagner gelangt: »Nach meinem Dafürhalten sind Assimilation und Transpiration nebeneinander an dem Aufbau des Mesophylls thätig, jedoch dürfte der Einfluss der ersteren der überwiegendere sein« (18. p. 51). Der Vorteil der Palissadenzellenbildung, als deren wichtigster Factor das Licht zu betrachten ist, liegt also, von der Assimilation abgesehen, in der Reduction der Oberfläche im Verhältnis zur Masse, in der Verhütung zu starker Erwärmung und in der Herabsetzung der Intercellularenausdehnung.

Durchlüftungssystem. Die Ausdehnung der Intercellularen wird ferner in nicht geringem Maße beeinflusst durch die Ausgänge des Durchlüftungssystems, die Spaltöffnungen. Denn da, wo nur wenige Spaltöffnungen vorhanden sind, ist das Gewebe dichter gefügt, und umgekehrt muss schon durch das Auftreten zahlreicher Atemhöhlen eine Lockerung im Parenchym eintreten. Diese Lockerung wird außerordentlich vorwärtsschreiten mit der Zunahme von Zahl und Größe der Atemhöhlen. In derartigem Nachteil befinden sich fast sämtliche Pflanzen der Wiesentrift denen des Geröllhanges gegenüber (cf. Tab. p. 374). Durch Vereinigung von Zahl und Größe der Atemhöhlen entstehen wesentliche Differenzen zwischen *Quercus sess.* und *Quercus ped.*, den beiden *Rumex Acet.*, *Peucedanum Cerv.* und *Peucedanum Oreos.*, *Centaurea pan.* und *Centaurea Jac.* nebst *Achillea Mill.*[1])

Der Austritt des Wasserdampfes aus den Intercellularräumen erfolgt hauptsächlich durch die Spaltöffnungen hindurch, er wird zum mindesten begünstigt durch deren Anwesenheit. Eine Blattfläche, welche nicht mit Spaltöffnungen versehen ist, giebt weniger Wasser ab, als eine solche mit Spaltöffnungen bei gleich starker Cuticula. Die Pflanze besitzt zwar ein

---

1) Genauere Berechnungen an der Hand der tabellarischen Zahlen würden zu keinem sicheren Resultat führen, sie können uns nur vergleichen lassen, wie uns folgendes Beispiel zeigen möge. a) *Quercus sess.* Auf 1 mm^2 der Blattunterseite kommen an Atemhöhlenvolumen $16\ \mu \times 16\ \mu = 256\ \mu^2 \times 16\ \mu = 4096\ \mu^3 \times 225 = 921600\ \mu^3$; da die Mächtigkeit des Mesophylls 128 μ beträgt (168—24—16) und $1\ mm^2 = 1000000\ \mu^2$, so verteilen sich die $921600\ \mu^3$ auf $1000000\ \mu^2 \times 128\ \mu = 128.000000\ \mu^3$ Mesophyll, oder die Atemhöhlen nehmen den 139. Teil des inneren Blattgewebes ein. b) *Quercus ped.* $22\ \mu \times 21\ \mu = 462\ \mu^2 \times 21\ \mu = 9702\ \mu^3 \times 330 = 3201660\ \mu^3$, Mesophyllstärke $= 69\ \mu$ (92—13—10), $69000000 : 3201660 = 21{,}6$. — Die Atemhöhlen von *Quercus ped.* beanspruchen also 6mal mehr Raum, als diejenigen von *Quercus sess.*

ausgezeichnetes Schutzmittel in der Fähigkeit des Schließens der Spaltöffnungen, wir müssen jedoch im Auge behalten, dass letztere vorwiegend der Assimilation dienen, also nicht den ganzen Tag über geschlossen bleiben dürfen. Bestimmend aber bei der Herabsetzung der Transpiration müssen Anzahl, Bau und Lage der Spaltöffnungen sein. Eine Wasserpflanze braucht sich in dieser Hinsicht nicht in der Zahl einzuschränken, sie muss sich sogar reich mit Spaltöffnungen ausstatten, um dem Wasserandrang gerecht zu werden. Nun ist allerdings auch die Dampfabscheidung von der Weite der Centralspalte abhängig, so dass die Abgabe einer Spaltöffnung der einen Pflanze gleichkommen kann der von mehreren Spaltöffnungen der anderen Pflanze, es lässt sich jedoch erfahrungsweise der Satz aufstellen, dass mit zunehmender Trockenheit des Standortes die Anzahl der Spaltöffnungen abnimmt (6. p. 312). Betrachten wir unsere Pflanzen (Tab. p. 374), so sehen wir, dass immerhin sich einige durch die geringere Anzahl ihrer Spaltöffnungen auszeichnen; unter 100 an Zahl pro mm^2 auf nur einer Seite, während die andere vollständig frei ist, weisen auf *Koeleria cr.*, *Corynephorus can.*, *Aira fl.* und bedingungsweise (cf. p. 370) *Festuca ov.*, auf beiden Blattseiten *Anthoxanthum od.*, beide *Euphorbia Cyp.*, *Pulsatilla prat.*, *Sedum rup.*, *Asperula cyn.* und *Centaurea pan.*

Die Verdunstungsgröße wird ferner verringert, wenn der Bau der Spaltöffnungen die Communication erschwert. Es geschieht dies, mit welchen Erscheinungen besonders A. Tschirch (15) sich beschäftigt hat, insbesondere durch Schaffung eines sog. windstillen Vorraumes oder Vorhofes, über welchen ein Luftstrom hinwegstreichen kann, ohne nachteilig auf die Dampfspannung in der inneren Atemhöhle zu wirken; entweder wölbt sich die Cuticula in Leistenform über den Spalteneingang, oder es sinkt die Spaltöffnung unter das Niveau der übrigen Epidermiszellen. Bei unseren Pflanzen durften wir nicht auf ausgeprägte Schutzvorrichtungen in diesem Sinne rechnen, immerhin aber ist mehrfach eine wesentliche Vertiefung des Spalteneinganges zu constatieren, meist hervorgerufen durch das Vorwölben der benachbarten Epidermiszellen, so bei *Anthoxanthum od.*, *Corynephorus can.*, *Anthericum Lil.* und *Euphorbia Cyp.* Bei den übrigen Pflanzen ist das Niveau der Spaltöffnungen durchgängig als zusammenfallend mit dem der Epidermis anzunehmen. Ein besonderer Schutz widerfährt den Spaltöffnungen der einrollungs- oder faltungsfähigen Grasblätter von *Corynephorus can.*, *Koeleria cr.*, *Festuca ov.* und *Aira fl.* Hier liegen ja die Spaltöffnungen nur auf der Oberseite, und bei vollständigem Schluss dieser sind auch von der Außenwelt die Spaltöffnungen abgeschlossen. Liegen diese aber außerdem noch in den tiefen Rinnen der Blattspreite, wie bei den letzten drei der eben genannten Gräser, so ist schon ein Schutz erzielt, auch wenn die Blätter nicht geschlossen sind.

Cuticula. Als ein Organ, welches direct bestimmt ist, dem Austritt des Wasserdampfes aus der Epidermis entgegenzutreten, ist die Cuticula

zu betrachten. Eine für Wasser ganz undurchlässige Cuticula giebt es freilich nicht, dringt ja auch Wasser selbst durch Korkschichten hindurch, aber jede vorhandene Cuticula schränkt den Flüssigkeitsverlust ein. Es braucht an dieser Stelle nur auf die wiederholt angestellten Versuche mit von der Cuticula befreiten und noch im Besitze derselben befindlichen Pflanzenkörpern hingewiesen zu werden. Die Oberfläche der unter Wasser getauchten Pflanzenteile ist nicht cuticularisiert, wohl aber die der in der Luft befindlichen Teile einer Pflanze und besonders derjenigen, welche eine lange Vegetationsdauer durchzumachen haben. Die geringe Permeabilität der Cuticula beruht auf ihrer geringen Imbibitionsfähigkeit, aber immerhin bietet sich für die Pflanze bei aller Einschränkung der Transpiration durch die Cuticula der Vorteil, dass der Durchgang von Kohlensäure und Sauerstoff nur wenig herabgedrückt wird (11. p. 20). Die Cuticula ist also von entscheidender Bedeutung für die Transpiration, und je dicker die Cuticula einer Epidermis ist, desto mehr Widerstand wird sie der Wasserverdampfung entgegensetzen. Am stärksten entwickelt ist die Cuticula bei *Anthericum Lil.*, besonders auffallend am Blattrande, ferner beträgt ihre Stärke über 1 μ (Tab. p. 374) bei *Anthoxanthum od.*, *Koeleria cr.*, *Festuca ov.*, *Corynephorus can.*, *Aira fl.*, *Carex hum.*, *Quercus sess.*, *Rumex Acet.*, *Pulsatilla prat.*, *Sedum rup.*, *Euphorbia Cyp.*, *Asperula cyn.*, *Scabiosa ochr.*, *Centaurea pan.*, *Helichrysum ar.*, Pflanzen des Geröllhanges, *Agrostis alb.*, *Quercus ped.*, *Rumex Acet.*, *Euphorbia Cyp.*, *Galium ver.*, Pflanzen der Wiesentrift.

Trichome. Hemmend auf die Transpiration wirken weiterhin die Pflanzenhaare. Allerdings kann in diesem Falle nur eine reichliche Haarbedeckung in Frage kommen. Gleichgültig ist es, ob die Haare ein- oder mehrzellig, wesentlich aber, ob sie trocken und lufterfüllt sind, oder ob sie noch Saft enthalten. Auszuscheiden wären in dieser Beziehung *Centaurea pan.* und *Galium ver.* mit ihren saftführenden Trichomen, denn mit Flüssigkeit erfüllte Haare geben wie die übrigen Epidermiszellen Wasser an die umgebende Luft ab, wohl aber ist ein saftreiches, mit trockenen Membranen bedecktes Pflanzengewebe ebenso vor Verdunstung geschützt, wie feuchte Erde, auf welche eine Decke von trockenem Stroh ausgebreitet ist (9. p. 289). Besonders günstig stehen da *Helichrysum ar.* mit einem dichten Wollkleide, *Pulsatilla prat.* mit zahlreichen Wollhaaren und *Hieracium* mit langen Haargebilden, wozu auf der Unterseite noch ein Gewirr von Sternhaaren tritt. Eine derartige Ausrüstung stellt einmal einen Schirm gegen die Insolation dar, ferner aber werden die Nachteile der Schwankungen der Tagestemperatur für das Assimilationsgewebe verringert, indem der mit Luft und Wasserdampf angefüllte und wenig gestörte Raum zwischen den Haaren eine nur geringe Communication zwischen der Epidermis und der Atmosphäre gestattet. Bekannt ist es ja, dass im Walde mit gleichmäßiger Temperatur die Behaarung der Pflanzen eine geringe ist, und umgekehrt

mag auf die dicht behaarten Pflanzen des mittelländischen Florengebietes hingewiesen werden. Bedeutung kann aber in diesem Sinne die Haarbedeckung nur besitzen, wenn sie beiderseitig ist. Bei *Quercus sess.* treten Haare in Menge nur auf der Unterseite auf, ob sie aber hier einen ähnlichen Schutz in Veranlassung der ja auch nur unterseits befindlichen Spaltöffnungen ausüben, oder ob sie für diese ein Schutzmittel vor directer Benetzung mit Regenwasser bilden, das mag dahingestellt bleiben, wohl aber fällt die reiche Ausstattung mit Trichomen der Oberseite von *Koeleria cr.*, *Corynephorus can.*, *Festuca ov.* und *Aira fl.* auf. Die Haarbekleidung und die Fähigkeit des Blattes, die Oberseite durch Zusammenfalten nach außen abzuschließen, wirken hier trefflich zusammen zum Schutze der Spaltöffnungen gegen zu weit gehende Transpiration.

Ätherisches Öl. Vielleicht ist auch, und zwar bei *Thymus Serp.*, als ein hemmendes Schutzmittel das ätherische Öl anzusehen. E. Stahl freilich erblickt nach interessanten, ergebnisvollen Versuchen (13) in dem ätherischen Öl ein wirksames chemisches Schutzmittel gegen Angriffe von Tieren, jedoch dürfte secundär ein reicher Gehalt an Öl den Transpirationsschutz der Pflanze verstärken. Das Öl verdunstet viel leichter als das Wasser und umgiebt das Blatt mit einer Dampfhülle, und nach J. Tyndall lässt eine Luftschicht, welche mit den Dünsten eines ätherischen Öles geschwängert ist, die strahlende Wärme in viel geringerem Grade durch als reine Luft (6. p. 325). Nicht ohne Einfluss könnte auch die Kälte sein, welche bei der raschen Verdunstung des ätherischen Öles erzeugt wird.

Epidermis. Alle angeführten äußeren Einrichtungen zielen z. T. auf den Schutz der Ausführungsgänge des Durchlüftungssystemes, der Hauptsache nach aber auf den des epidermalen Gewebes selbst, welches, abgesehen von seiner mechanischen Aufgabe, eine schützende Wasserhülle für das assimilierende Gewebe darstellt. Die ohne Intercellularen aneinander schließenden Epidermiszellen führen viel Wasser, dessen Austritt nach außen schon durch eine starke Cuticula erschwert wird, aber nicht unwichtig ist hierfür die Gesamtstärke der Außenwand der Epidermis selbst. Während submerse Wasserpflanzen mit ihren zarten Außenwänden, auf das Land gebracht, sehr schnell vertrocknen, zeichnen sich die Pflanzen regenarmer Klimate durch mächtig verdickte Außenwände aus. Besonders stark, nämlich über 4 μ (Tab. p. 374), ist die Außenwand beiderseits bei *Koeleria cr.*, *Carex hum.*, *Anthericum Lil.*, *Rumex Acet. (G.)*, *Sedum rup.*, *Cynanchum Vinc.*, *Thymus Serp.*, *Asperula cyn.*, *Scabiosa ochr.*, *Centaurea pan.* und *Achillea Mill.*, unterseits bei *Pulsatilla prat.* und ebenfalls auf der morphologischen Unterseite von *Aira fl.*, wobei hier das Zurücktreten der Oberseite nicht verwunderlich ist, da diese durch die Gestaltung des Blattes äußerst geschützt ist; auffallend ist bei *Aira* die Entwickelung der unteren Epidermis überhaupt, welche eine Stärke von 45 μ besitzt. Erreicht wird *Aira fl.* nur noch von *Rumex Acet.*, die Geröllhangpflanze ist

in der unteren Epidermis 46, in der oberen 35 μ stark, die Wiesentriftpflanze bez. 42 und 21 μ. Die Hauptaufgabe der Epidermis besteht in der Abgabe des wässerigen Inhaltes an das grüne Gewebe, wenn dieses seinen Bedarf nicht mehr von den Gefäßbündeln her decken kann; und eine stark entwickelte Epidermis ist insofern günstig, als sie mehr Wasser fassen kann als eine schwache. Über 20 μ stark ist die Epidermis beiderseits bei *Anthoxanthum od.*, *Anthericum Lil.*, *Rumex Acet.*, *Pulsatilla prat.*, *Sedum rup.*, *Peucedanum Cerv.*, *Asperula cyn.*, *Scabiosa ochr.*, *Rumex Acet.* (W.) und *Achillea Mill.* (W.), oberseits bei *Quercus sess.*, *Euphorbia Cyp.*, *Thymus Serp.*, *Hieracium Pil.* und *Euphorbia Cyp.* (W.), unterseits bei *Festuca ov.*, *Aira fl.*, *Carex praec.* (W.) und *Galium ver.* (W.). Eine stärkere Epidermis hat *Quercus sess.* gegenüber *Quercus ped.*, ferner *Peucedanum Cerv.* gegenüber *Peucedanum Oreos.* Bei *Euphorbia Cyp.* wird das epidermale Wassergewebe unterseits an der Blattrippe durch eine zweite Schicht von Epidermiszellen verstärkt. Eine starke Epidermis wirkt auch insofern günstig, als die darunter liegenden zartwandigen Gewebe bei Contractionen infolge Wasserverlustes weniger Zerrungen und Quetschungen ausgesetzt sind, ferner ist sie recht wohl geeignet, und dies betrifft bei den breitflächigen Blättern namentlich die obere Epidermis, die Gefahr schädlicher Wärmestrahlen zu verringern. So vorteilhaft die Stärke der Außenwandungen ist, ebenso günstig ist die Dünnheit der Radialwände, sie ermöglicht nämlich bei Wasserabgabe ein Zusammenfallen der Epidermiszellen unter Faltung der Membran (19. p. 59). Erneute Wasseraufnahme ruft natürlich wieder Turgescenz hervor. Bei starker Radialwandung würde kein Collabieren stattfinden können, es würde ein luftverdünnter, auf seine Umgebung wasserentziehender Raum entstehen. Besonders große Differenzen in der Stärke der Radialwände sind jedoch bei unseren Pflanzen nicht vorhanden.

Nicht beobachtet werden konnten jene von M. Westermaier (19) bei den Cyperaceen gefundenen verkieselten Cellulosekegel, welche in die über den Bastrippen besonders niedrigen Epidermiszellen hineinragen, um so gewissermaßen als Arretiervorrichtung gegen zu tiefes Herabsinken der Außenwände zu dienen, da ein ungehinderter Wasserverkehr zwischen den Epidermiszellen nötig ist. Wohl aber muss den bei *Carex hum.* auftretenden, auch von M. Westermaier (19. p. 61) beobachteten, in ihrer unteren Wand eigentümlich verdickten Zellen eine besondere Function zugeschrieben werden. Es weist darauf hin ihre Zugehörigkeit zu den auf den subepidermalen Baststreifen liegenden niedrigeren und deshalb der Gefahr des Austrocknens mehr ausgesetzten Epidermiszellen. In den Verdickungen dürften vielleicht hygroscopische Polster zu erblicken sein, welche bei Gefahr das aufgespeicherte Wasser an ihre Nachbarzellen abgeben. Die bei *Anthericum Lil.* vorhandene Differenzierung in der Epidermis, indem einzelne Zellen sich bedeutender entwickeln als ihre Nachbarzellen, scheint

dahin zu zielen, größere Wasserreservoire zu schaffen (8. p. 19), zugleich aber eine Festigung des halbgerollten Blattes zu unterstützen.

Eine besondere Berücksichtigung verdienen jene bei den Gramineen und Cyperaceen in den oberseitlichen Blattrinnen vorkommenden, mit dem Schließmechanismus im Zusammenhange stehenden und deshalb eigentümlich umgebildeten Epidermiszellen (cf. p. 369). J. Duval-Jouve (4), der sie zuerst beschrieb, nannte sie nach ihrer Gestalt »cellules bulliformes«, A. Tschirch (16) berücksichtigte mehr ihre Lage, indem er ihnen den Namen »Gelenkzellen« gab. Das Schließen des Blattes ist eine Folge von Wassermangel, und mit dem Zusammenfalten tritt ein Zusammenschrumpfen der Gelenkzellen ein; auf eine besonders starke Verdunstung hier deuten die zahlreicheren, benachbarten Spaltöffnungen. Das Einleiten der Bewegung jedoch ist nicht in diesen Zellen zu suchen, sie erleichtern nur vermöge ihrer festen, aber nachgiebigen Wandungen das Falten oder Einrollen des Blattes, auf sie werden ferner die hierbei unvermeidlichen Quetschungen verlegt und so die zarteren Gewebe entlastet. Die Bewegung geht vielmehr, was namentlich *Festuca ov.*, *Corynephorus can.*, *Aira fl.* und *Koeleria cr.* betrifft, von den Bastgurtungen der Unterseite aus, indem die quellungsfähigen Membranen der Bastzellen die zur Krümmung des Blattes nötige Kraft liefern, und zwar ziehen sich die inneren Bastzellschichten beim Austrocknen stärker zusammen als die äußeren. Nach Untersuchungen von A. Tschirch beträgt bei *Festuca glauca* die Einkrümmung isolierter Baststreifen das Doppelte und Dreifache der des ganzen Blattes (16. p. 561). Die Wirkung der verschieden quellbaren Bastzellwände muss auch dann eintreten, wenn der Bastring, wie bei *Koeleria cr.*, unterbrochen ist. Möglicherweise wirken bei *Carex hum.* ebenso die Bastelemente, welche die Gefäßbündel, besonders das mittlere, begleiten; bemerkenswert ist die starke Quellung der den Gelenkzellen anliegenden Bastzellen beim Befeuchten mit Wasser. Bei den Gramineen und Cyperaceen aber mit nur geringer Bastentwickelung ist eine derartige Annahme auszuschließen, eine Schließbewegung gegebenen Falls scheint dann vielleicht nur durch Turgescenzänderungen der grünen Zellen veranlasst zu werden. Und überdies braucht mit der Anwesenheit von Gelenkzellen die Notwendigkeit des Schließens gar nicht in Verbindung gebracht zu werden. Als diejenigen unserer Pflanzen, die die wirklichen Mittel besitzen und ausgiebig Gebrauch davon machen, sind nur die vorerwähnten zu bezeichnen.

Inneres Wassergewebe. Typisches Wassergewebe ist nicht vorhanden. Zwar könnte man versucht sein, für ein derartiges Gewebe die farblose Parenchymscheide, welche bei den Rubiaceen den Gefäßteil umkleidet, zu halten, jedoch haben wir hier mit Wahrscheinlichkeit Leitparenchym vor uns. Mit ebensolcher Vorsicht ist das farblose Parenchym und das kein oder nur ganz spärlich Chlorophyll führende Collenchym in der Mittelrippe von *Euphorbia Cyp.* und der Dipsaceen und Compositen zu

betrachten; immerhin ist in diesen Geweben eine Ansammlung von Wasser von den Gefäßen her und eine allmähliche Abgabe an das grüne Gewebe sehr gut möglich, hauptsächlich aber wird ihr Zweck in der mechanischen Festigung der Blattrippe zu suchen sein. An dieser Stelle aber ist das chlorophyllfreie innere Gewebe von *Sedum rup.* als Wasserspeichergewebe zu würdigen, wie denn auch alle Succulenten befähigt sind, in ihrem Gewebe bei günstigen Gelegenheiten große Mengen von Wasser aufzuspeichern.

Biegungsfestigkeit. Schon die Turgescenz verleiht dem Blatt eine gewisse diesbezügliche Kraft, aber bei ungünstigen äußeren Einflüssen mit stärkerer und längerer Transpiration im Gefolge reicht dies Mittel nicht mehr aus, und es müssen andere Einrichtungen zur Hilfeleistung herangezogen werden. Oft genügt die Dicke der Epidermis (cf. p. 384), welche häufig durch eine Vermehrung der Zellreihen gefördert wird, so auf der Unterseite von *Euphorbia Cyp.* und im Blattrande von *Cynanchum Vinc.* Günstig wirkt alsdann die Krümmung der Fläche von aufrecht stehenden Blättern, wie sie *Anthericum Lil.* zeigt, noch günstiger in dieser Hinsicht ist das vollständige Rollen oder Falten des Blattes (*Koeleria cr.* etc.); ganz vorteilhaft sind hierbei die die Bewegung selbst vermittelnden Bastgurtungen. Zur Festigung dienen ferner die I-Träger im Blatte der übrigen Vertreter der Gramineen und Cariceen. Eine bedeutende Festigkeit besitzt infolge des Bastes der Rippe das Blatt von *Asperula cyn.*, infolge des Collenchyms, wie schon erwähnt, dasjenige von *Scabiosa ochr.* etc. Die Biegungsfestigkeit, welche übrigens an trockenen Standorten einen höheren Grad zu erreichen scheint, kann den Zweck haben, dem Blatt zu ermöglichen, eine zu den Sonnenstrahlen günstige Richtung beizubehalten (cf. p. 376), ferner äußeren, die Transpiration fördernden Erschütterungen entgegenzutreten, hauptsächlich aber beim Austrocknen das Collabieren der inneren assimilierenden Zellen zu verhindern.

Zellsaft. Man könnte versucht sein, aus dem Gesamtgehalte der Pflanzen an Wasser auf ihre Widerstandsfähigkeit zu schließen; dass man jedoch einen falschen Weg einschlagen würde, beweisen einige Pflanzen mit nur geringem Wassergehalt; man vergleiche nur (Tab. p. 367) *Koeleria cr.* mit den übrigen Gräsern und ebenso *Quercus sess.* und *Asperula cyn.* mit ihren Pendants. Auf die Menge des zu verlierenden Wassers ist nur Rücksicht zu nehmen unter Heranziehung der Dauer des Verlustes. Wenn z. B. *Koeleria cr.* 41% Wasser in 7 Tagen verliert, *Anthoxanthum od.* dagegen 73% in 9 Tagen, so ist ersterer Pflanze die größere Widerstandsfähigkeit zuzuerkennen. Jedoch ist bei Betrachtung der Umstände, welche einen Widerstand gegen zu große Wasserverluste begünstigen, die Qualität des Zellsaftes nicht außer Augen zu lassen. Von Wert ist der Gehalt des Zellsaftes an hygroscopischen Substanzen, z. B. an Gummi, Schleimen, Harzen, Salzen, Säuren, welche mehr oder weniger das Wasser energisch zurück-

halten. Nützen wird sicher der Milchsaft bei *Euphorbia Cyp.*, wenngleich er in erster Linie als Reservestoffe führende Flüssigkeit, ferner als Abschreckmittel gegen tierische Feinde und als Wundverschluss dienen mag. Als eine Art Wasserspeicher sind die Gummigänge von *Pulsatilla prat.* anzusehen. Namentlich für *Anthericum Lil.* und *Sedum rup.* wichtig ist die Schleimigkeit des Zellinhaltes, welche zu einem großen Teil das zähe Festhalten des Wassers mit begründen hilft. Bei den Crassulaceen spielt ferner, wie es besonders die Arbeiten von G. Kraus ergeben haben, der reiche Gehalt des Zellsaftes an Äpfelsäure eine eigentümliche Rolle. Das wichtigste Moment liegt in der Thatsache, welche auch für andere Pflanzen als die Crassulaceen, jedoch in geringerem Grade gilt, dass die Blätter in der Nacht reicher an Säure sind als bei Tage; so besitzt das Blatt von *Bryophyllum* an sonnigen Augusttagen 11mal weniger Äpfelsäure als bei Nacht. Ein großer Teil der über Tags gebildeten Kohlehydrate wird von den Pflanzen nämlich während der Nacht in Äpfelsäure, also in ein an Wasser ärmeres Material umgewandelt, »sie gewinnen in jeder Nacht von dem zu Kohlehydratbildung am Tag verbrauchten Wasser wieder zurück, mit dem sie alle Ursache haben, sparsam umzugehen« (10. p. 46 u. 5. p. 628). Am Tage tritt, was nur bei der Assimilation stattfinden kann, durch Oxydation eine Zersetzung der Säure ein, worauf die Kohlensäure und das Wasser, welche hierbei entstehen, wieder unter Sauerstoffabscheidung assimiliert werden. Da aber bei den Crassulaceen, man erinnere sich der Stärke von Epidermis und Cuticula und der geringen Zahl der Spaltöffnungen, kein schneller Gaswechsel stattfindet, so ist die Folge eine Anhäufung von freier Äpfelsäure oder auch von Kalkmalat. Unter den übrigen der Äpfelsäure ähnlich wirkenden Säuren ist die Oxalsäure hervorzuheben, an welcher besonders reich *Rumex Acet.* ist.

Stengel und Wurzel. Wenn wir noch kurz auf den Stengel und die Wurzel unserer Pflanzen zu sprechen kommen, so geschieht es nur, um auf einige Eigenschaften aufmerksam zu machen, deren Vorteile unschwer in die Augen fallen. Vor Transpiration schützt, soweit es besonders den unteren Stengelteil betrifft, Peridermbildung bei *Euphorbia Cyp.*, *Sedum rup.* und *Helichrysum ar.* Spaltöffnungen sind gar nicht vorhanden bei *Sedum rup.* und *Corynephorus can.*, welches Gras einen subepidermalen Bastring besitzt; auf den mm^2 Stengelfläche kommen an Spaltöffnungen vor bei *Pulsatilla pr.* 6, *Peucedanum Cerv.* und *Hieracium Pil.* je 7, *Scabiosa ochr.* und *Helichrysum ar.* je 9, *Rumex Acet.* 14, *Anthericum Lil.* 15, *Euphorbia Cyp.* 16, *Thymus Serp.* 18, *Cynanchum Vinc.* und *Centaurea pan.* je 24, *Aira fl.* 30, *Koeleria cr.* und *Carex hum.* je 45, *Festuca ov.* 60, *Asperula cyn.* 70, *Anthoxanthum od.* 90.

Ein vollkommen dichtes Haarkleid bedeckt den Stengel von *Pulsatilla prat.*, *Hieracium Pil.* und *Helichrysum ar.*, während der reichlich mit Öldrüsen ausgestattete Stengel von *Thymus Serp.* einen Haarfilz nur an seinen

vier Kanten besitzt, an welchen in je einer seitlichen Längsreihe die Spaltöffnungen angeordnet sind.

Vorteilhaft ist für eine Anzahl unserer Pflanzen die Ausrüstung mit einem Rhizom, welches, wenn die Austrocknung von der Oberfläche des Bodens nach unten vorwärts schreitet, befähigt ist, den tiefsten feuchten Schichten nachzuspüren. Recht gut in dieser Hinsicht ist die Wurzel von *Euphorbia Cyp.*, *Pulsatilla prat.* und der langfaserige Wurzelbüschel von *Anthericum Lil.* und *Cynanchum Vinc.*, enorm stark und kräftig ist die Ausbildung des Wurzelstockes von *Peucedanum Cerv.*

Entwickelungsperiode. Da, wo mit der steigenden sommerlichen Temperatur die Existenzverhältnisse ungünstiger sich gestalten, suchen sich viele Pflanzen derart zu helfen, dass sie einfach ihre Vegetationsperiode beschleunigen, indem sie Blüten und Früchte noch in der Zeit entwickeln, in der die Temperatur noch wenig Anforderungen an die Ausdünstung des Bodens und seiner pflanzlichen Bewohner stellt. So sind Ende Mai von unseren Pflanzen schon vollständig verblüht *Carex hum.* und *Pulsatilla prat.*, und zur Frucht neigen *Anthoxanthum od.*, *Festuca ov.*, *Euphorbia Cyp.*, *Anthericum Lil.* und *Rumex Acet.*, während auf der Wiesentrift *Anthoxanthum*, *Festuca*, *Euphorbia* und *Rumex* noch später blühend anzutreffen sind. In voller Blüte stehen bereits *Koeleria cr.*, *Aira fl.* und *Asperula cyn.*, und es beginnen auch mit der Entfaltung der Blüte, im Verhältnis zu den gewöhnlichen Bedingungen einige Wochen früher, *Corynephorus can.*, *Scabiosa ochr.* und *Hieracium* Pil. Annähernd regelmäßig halten die normale Zeit ihrer Blüte die übrigen Pflanzen ein, die sich ja auch durchweg als widerstandskräftig erwiesen haben.

Lassen wir nun zum Schluss noch einmal in zusammengedrängtem Bilde die Eigentümlichkeiten des Blattbaues, auf welchen wir ja am meisten Gewicht legen mussten, an uns vorüberziehen, um vergleichend diejenigen Punkte nach ihrem Werte abzuschätzen, welche förderlich zu sein scheinen im Widerstande der Pflanze gegen ein Übermaß von Transpiration. In der nächsten Tabelle, in der die Pflanzen nach ihrer Widerstandsstärke angeordnet sind (cf. p. 367), bezeichnen die Kreuze das Zutreffen der angegebenen Vorteile.

Nach den gewonnenen Resultaten halte ich es für berechtigt, das Palissadenparenchym als eine Anpassung an trocknen Standort zu betrachten. Interessant ist die Abnahme der Palissadenausbildung mit dem Nachlassen der Widerstandskraft. Im Nachstehenden sind nochmals zu kurzer Übersicht die Pflanzen angeordnet mit Angabe der als wesentlich erscheinenden Schutzeinrichtungen und verglichen mit ihren Pendants, und zwar folgen zuerst die mit Palissadengewebe ausgestatteten Species.

(G.) *Pulsatilla prat.*, Palissadenparenchym, kleines Volumen der Atemhöhlen, wenig Spaltöffnungen, starke Cuticula, Haarkleid, starke Epidermis, Gummi.

(G.) *Centaurea pan.*, Palissadenparenchym, kleines Volumen der Atemhöhlen, wenig Spaltöffnungen, starke Cuticula, starke Epidermisaußenwand, Biegungsfestigkeit. — (W.) *Centaurea Jac.*, im Nachteil in Punkt 1, 2, 3, 4 und 5. (W.) *Achillea Mill.*, Nachteil in 1, 2, 3, 4 und 6.

(G.) *Euphorbia Cyp.*, günstige Blattform, Palissadenparenchym, kleines Volumen der Atemhöhlen, wenig Spaltöffnungen, Vertiefung der Spaltöffnungen, starke Cuticula, starke Epidermis, Biegungsfestigkeit (Milchsaft). — (W.) *Euphorbia Cyp.*, Nachteil in 3.

(G.) *Hieracium Pil.*, Palissadenparenchym, Haarkleid, starke oberseitige Epidermis, Biegungsfestigkeit.

(G.) *Cynanchum Vinc.*, Palissadenparenchym, starke Epidermisaußenwand, Biegungsfestigkeit.

(G.) *Quercus sess.*, Palissadenparenchym, kleines Volumen der Atemhöhlen, starke Cuticula, starke obere Epidermis. — (W.) *Quercus ped.*, Nachteil in 1, 2 und 4.

(G.) *Peucedanum Cerv.*, günstige Blattstellung, Palissadenparenchym, starke Epidermis. — (W.) *Peucedanum Oreos.*, Nachteil in 1, 2 und 3.

(G.) *Scabiosa ochr.*, Palissadenparenchym, kleines Volumen der Atemhöhlen, starke Cuticula, starke Epidermis und Epidermisaußenwand, Biegungsfestigkeit.

(G.). *Rumex Acet.*, Palissadenparenchym, starke Cuticula, starke Epidermis, starke Epidermisaußenwand, Oxalsäure. — (W.) *Rumex Acet.*, Nachteil in 1 und 4.

(G.) *Helichrysum ar.*, günstige Blattstellung, Palissadenparenchym, starke Cuticula, Haarkleid, Biegungsfestigkeit.

(G.) *Asperula cyn.*, Palissadenparenchym, kleines Volumen der Atemhöhlen, wenig Spaltöffnungen, starke Cuticula, starke Epidermis, starke Epidermisaußenwand, Biegungsfestigkeit. — (W.) *Galium ver.*, Nachteil in 1, 3, 5 und 6.

(G.) *Thymus Serp.*, Palissadenparenchym, kleines Volumen der Atemhöhlen, ätherisches Öl?, starke obere Epidermis, starke Epidermisaußenwand.

(G.) *Sedum rup.*, günstige Blattstellung, günstige Blattform, kleines Volumen der Atemhöhlen, wenig Spaltöffnungen, starke Cuticula, starke Epidermis, starke Epidermisaußenwand, Wassergewebe, Schleim, Äpfelsäure.

(G.) *Anthericum Lil.*, vertiefte Spaltöffnungen, starke Cuticula, starke Epidermis, starke Epidermisaußenwand, besonders große einzelne Epidermiszellen, Biegungsfestigkeit, Schleim.

(G.) *Koeleria cr.*, günstige Blattstellung, günstige Blattform, kleines Volumen der Atemhöhlen, wenig Spaltöffnungen, günstige Lage der Spaltöffnungen, starke Cuticula, Haare, starke Epidermisaußenwand, Schließfähigkeit, Biegungsfestigkeit.

	Sedum rup. G.	*Antheri-cum Lil.* G.	*Pulsatilla prat.* G.	*Centaurea pan.* G.	*Euphorbia Cyp.* G.	*Hieracium Pil.* G.	*Cynan-chum Vinc.* G.	*Quercus sess.* G.	*Peuceda-num Cerv.* G.	*Scabiosa ochr.* G.	*Koeleria cr.* G.	*Euphorbia Cyp.* W.
Günstige Blattstellung	×	—	—	—	—	—	—	—	×	—	×	—
Günstige Blattform	×	—	—	—	×	—	—	—	—	—	×	×
Palissadenparenchym: beiderseits mehrschichtig	—	—	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—
Palissadenparenchym: oberseits mehr-, unterseits einschichtig	—	—	—	—	—	—	—	—	×	—	—	—
Palissadenparenchym: oberseits mehrschichtig	—	—	—	—	—	×	—	×	—	×	—	—
Palissadenparenchym: oberseits einschichtig	—	—	—	—	×	—	×	—	—	—	—	×
Palissadenparenchym: mehr als $1/3$ des Mesophylls	—	—	×	×	×	×	—	×	×	×	—	×
Raum der Atemhöhlen in Bruchteilen des Mesophylls[1]: weniger als $1/10000$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	—
weniger als $1/1000$	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
weniger als $1/300$	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—
weniger als $1/100$	—	—	×	×	—	—	—	×	—	×	—	×
weniger als $1/30$	—	×	—	—	—	×	×	—	×	—	—	—
weniger als $1/10$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
bis zu $1/7$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Spaltöffnungen: nur einerseits unter 100 pro mm²	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	—
Spaltöffnungen: beiderseits unter 100 pro mm²	×	—	×	×	×	—	—	—	—	—	—	×
Spaltöffnungen: vertieft	—	×	—	—	×	—	—	—	—	—	—	×
Spaltöffnungen: günstig gelegen	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	—
Stärke der Cuticula über 1 μ	×	×	×	×	×	—	—	×	—	×	×	×
Trockene Haarbedeckung	—	—	×	—	—	×	—	—	—	—	×	—
Ätherisches Öl?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Stärke der Epidermis: beiderseits über 20 μ	×	×	×	—	—	—	—	—	×	×	—	—
Stärke der Epidermis: oberseits über 20 μ	—	—	—	—	×	×	—	×	—	—	—	×
Stärke der Epidermis: unterseits über 20 μ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Stärke der Epidermisaußenwand: beiderseits über 4 μ	×	×	—	×	—	—	×	—	—	×	×	—
Stärke der Epidermisaußenwand: unterseits über 4 μ	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Hygroscopische Polster in der Epidermis?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mächtige Ausbildung einzelner Epidermiszellen	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ausgeprägte Schließfähigkeit des Blattes	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	—
Inneres Wassergewebe	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Festigung durch Verstärkung der Epidermis	—	×	—	—	×	—	×	—	—	—	—	×
Festigung durch Bast und Collenchym	—	—	—	×	—	×	—	—	—	×	×	—
Gummi, Milchsaft, Schleim	×	×	×	—	×	—	—	—	—	—	—	×
Reichtum an Äpfelsäure resp. Oxalsäure	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

1) cf. Anm. p. 380.

Rumex Acet.	*Helichrysum ar.*	*Anthoxanthum od.*	*Carex hum.*	*Asperula cyn.*	*Thymus Serp.*	*Festuca ov.*	*Aira fl.*	*Centaurea Jac.*	*Achillea Mill.*	*Quercus ped.*	*Corynephorus can*	*Triodia dec.*	*Peucedanum Oreos.*	*Carex can.*	*Agrostis alb.*	*Rumex Acet.*	*Carex briz.*	*Galium ver.*	*Carex praec.*
G.	G.	G.	G.	G.	G.	G.	G.	W.	W.	W.	G.	W.	W.	W.	W.	W.	W.	W.	W.
—	×	—	×	—	—	×	×	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	×	—	—	×	×	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
×	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	×	—	—	—	—	—	—	×	×	×	—	—	×	—	—	×	—	×	—
×	—	—	—	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	×	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—	×	—	—	—	—	×
—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	—	×	×	—
—	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—
×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	—	—	×	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	—	—	—	—	—	—	×	—	—	—
—	—	—	—	—	—	×	×	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	×	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	×	×	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—
×	×	×	×	×	—	×	×	—	—	×	×	—	—	—	×	×	—	×	—
—	×	—	—	—	—	×	×	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
×	—	×	—	×	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	×	—	—	—
—	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×
×	—	—	×	×	×	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	×	—	—	×	×	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	×	×	×	×	—	×	×	×	—	—	×	×	—	×	×	—	×	×	×
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	—	—	—

(G.) *Festuca ov.*, alle Punkte wie bei *Koeleria* außer 8 vorhanden.

(G.) *Aira fl.*, alle Punkte wie bei *Festuca* vorhanden.

(G.) *Corynephorus can.*, alle Punkte wie bei *Koeleria* außer 8 vorhanden, ferner vertiefte Spaltöffnungen.

(G.) *Anthoxanthum od.*, kleines Volumen der Atemhöhlen, wenig Spaltöffnungen, vertiefte Spaltöffnungen, starke Cuticula, starke Epidermis, Biegungsfestigkeit. — (W.) *Triodia dec.*, Nachteil in 1, 2, 3, 4 und 5. (W.) *Agrostis alb.*, Nachteil in 2, 3 und 5.

(G.) *Carex hum.*, günstige Blattstellung, günstige Blattform, kleines Volumen der Atemhöhlen, starke Cuticula, starke Epidermisaußenwand, hygroscopische Polster (?), Schließfähigkeit, Biegungsfestigkeit. — (W.) *Carex can.*, (W.) *Carex briz.* und (W.) *Carex praec.*, Nachteil in 1, 2, 4, 5, 6 und 7.

Ich glaube, in vorliegender Arbeit meinen Zweck erreicht zu haben, wenn ich ein zusammenfassendes Bild geben wollte von der mannigfaltigen Vielheit der Schutz- und Lebenseinrichtungen eines zusammengehörigen, denselben physikalischen Verhältnissen und Bedingungen unterworfenen floristischen Bestandes. Dass hierbei die Experimente notwendige Begleiter der anatomischen Untersuchungen sein mussten, brauche ich nicht weiter hervorzuheben, und so möge denn die Behandlung des genannten Themas auf local-geographischer Grundlage als ein Versuch gelten zur Hebung der modernen Floristik durch Hinzufügung der speciell-biologischen Untersuchungen.

Die Untersuchungen und Arbeiten wurden ausgeführt an der Königl. Sächs. Technischen Hochschule zu Dresden, und ich fühle mich gedrungen, auch an dieser Stelle Herrn Professor Dr. O. Drude, Leiter der Botanischen Abteilung der Hochschule und Director des Königl. Botanischen Gartens, für liebenswürdiges Entgegenkommen, bereitwilligste Unterstützung und freundliche Förderung meinen herzlichsten Dank auszudrücken.

Litteraturnachweise.

1) O. Drude, Die Verteilung und Zusammensetzung östlicher Pflanzengenossenschaften in der Umgebung Dresdens. Festschrift d. Isis. Dresden 1885.

2) O. Drude, Über die Standortsverhältnisse von *Carex humilis* Leyss. bei Dresden, als Beitrag zur Frage der Bodenstetigkeit. Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. 5. Heft 7. 1887.

3) O. Drude, Handbuch der Pflanzengeographie. Stuttgart 1890.

4) J. Duval-Jouve, Histotaxie des feuilles des Graminées. Annales des sciences nat. S. 6. T. 1. Paris 1875.

5) A. B. Frank, Lehrbuch der Botanik. Leipzig 1892. Bd. 1.

6) G. Haberlandt, Physiologische Pflanzenanatomie. Leipzig 1884.

7) M. W. Harrington, Meteorological work for agricultural institutions. U. S. Department of agriculture. Bulletin No. 10. Washington 1892.

8) E. Heinricher, Histologische Differenzierung in der pflanzlichen Oberhaut. Graz 1887.

9) A. Kerner v. Marilaun, Pflanzenleben. Leipzig 1888. Bd. 1.

10) G. Kraus, Über Stoffwechsel bei den Crassulaceen. Abh. d. naturforsch. Ges. Halle 1886. Bd. 16.

11) W. Pfeffer, Pflanzenphysiologie. Leipzig 1881. Bd. 1.

12) E. Stahl, Über den Einfluss des sonnigen oder schattigen Standortes auf die Ausbildung der Laubblätter. Zeitschr. f. Naturw. Jena 1883. Bd. 16.

13) E. Stahl, Pflanzen und Schnecken. Eine biologische Studie über die Schutzmittel der Pflanzen gegen Schneckenfraß. Jenaische Zeitschr. f. Naturw. und Medic. Bd. 22. N. F. XV. Jena.

14) J. Thurmann, Essai de Phytostatique appliqué à la chaîne du Jura et aux contrées voisines. Berne 1849. t. 1.

15) A. Tscirch, Über einige Beziehungen des anatomischen Baues der Assimilationsorgane zu Klima und Standort, mit specieller Berücksichtigung des Spaltöffnungsapparates. Linnaea Bd. 43.

16) A. Tschirch, Beiträge zu der Anatomie und dem Einrollungsmechanismus einiger Grasblätter. Pringsh. Jahrb. f. wissensch. Botanik. Bd. 13.

17) G. Volkens, Die Flora der Ägyptisch-Arabischen Wüste. Berlin 1887.

18) A. Wagner, Zur Kenntnis des Blattbaues der Alpenpflanzen und dessen biologischer Bedeutung. Sitzber. d. kais. Akad. d. Wiss. Wien 1892.

19) M. Westermaier, Über Bau und Function des pflanzlichen Hautgewebesystems. Pringsh. Jahrb. f. wissensch. Botanik. Berlin 1884. Bd. 14.
